

Jerzy ŁADYSZ

# TECHNOLOGIA GIS W INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA



WROCLAW 2015

**Autor:**

dr inż. Jerzy Ładysz  
Wydział Nauk o Bezpieczeństwie WSOWL

**Recenzenci:**

prof. dr hab. Marian Kachniarz  
dr Tomasz Rachwał

**Wydawca:**

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki  
ul. Czajkowskiego 109, 51-150 Wrocław  
www.wso.wroc.pl

**ISBN 978-83-63900-23-6**

**Skład, druk i oprawa:**

Agencja Wydawnicza „ARGI” sc  
ul. Żegiestowska 11, 50-542 Wrocław  
www.argi.pl

**Liczba arkuszy wydawniczych: 11 (ilość znaków 430.000)**

**Nakład: 50 egz.**



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WYŻSZA SZKOŁA  
OFICERSKA  
WOJSK LĄDOWYCH  
imienia generała Tadeusza Kościuszki

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu” współfinansowany jest przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

**CZŁOWIEK - NAJLEPSZA INWESTYCJA**

# SPIS TREŚCI

Wykaz stosowanych skrótów .....	5
Wstęp .....	9
1. TECHNOLOGIA GIS .....	13
1.1. Pojęcie systemów informacji przestrzennej, technologii GIS.....	13
1.2. Rys historyczny systemów informacji przestrzennej.....	15
1.3. Informacja przestrzenna, obiekt przestrzenny, dane przestrzenne .....	17
1.4. Normalizacja informacji przestrzennej.....	20
1.5. Systemy odwzorowań, układy współrzędnych .....	26
1.5.1. Rodzaje współrzędnych i odwzorowań kartograficznych .....	26
1.5.2. Państwowy system odniesień przestrzennych .....	29
1.5.3. Stosowanie państwowego systemu odniesień przestrzennych.....	31
1.5.4. Metody transformacji układów kartograficznych.....	33
1.6. Georeferencja .....	33
1.7. Geokodowanie.....	35
1.8. Topologia.....	37
1.9. Źródła i metody akwizycji danych przestrzennych .....	39
1.9.1. Pozyskiwanie danych z bezałogowych systemów powietrznych .....	40
1.9.2. Teledetekcja .....	41
1.9.3. Skanowanie laserowe, chmury punktów .....	42
1.9.4. Technologie obiektowej analizy zdjęć satelitarnych wysokiej rozdzielczości.....	44
1.9.5. GPS, GLONASS.....	48
1.9.6. Pictometry®, MMS/MLS, cykloramy .....	49
1.10. Aspekty teoretyczne modelowania przestrzennego .....	51
1.11. Podstawowe typy analiz przestrzennych.....	52
1.12. Location Intelligence .....	53
1.13. Wizualizacja danych przestrzennych.....	54
1.13.1. Numeryczny Model Terenu .....	55
1.13.2. Mapy tematyczne.....	57
1.13.3. Kartogramy i kartodiagramy .....	59
1.13.4. Podstawowe elementy mapy i zasady kartograficzne.....	64
1.14. Aspekty ekonomiczne wdrożenia technologii GIS.....	67
1.15. Oprogramowanie GIS.....	69
1.15.1. Funkcje i funkcjonalności aplikacji GIS.....	69
1.15.2. Rodzaje oprogramowania GIS .....	71
1.15.3. Oprogramowanie ESRI .....	72
1.15.4. Geomedia.....	73
1.15.5. Aplikacje geoprzestrzenne Bentley.....	73
1.15.6. Quantum GIS.....	75
1.15.7. MapViewer .....	77
1.15.8. Certyfikacja kompetencji GIS .....	78
1.16. Infrastruktura informacji przestrzennej .....	78
1.16.1. Pojęcie i elementy krajowej infrastruktury informacji przestrzennej.....	78

1.16.2. Podstawy prawne tworzenia infrastruktury danych przestrzennych, państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny .....	81
1.16.3. Numeryczna mapa zasadnicza jako podstawowy element GIS.....	84
2. TYPOWE OBSZARY ZASTOSOWAŃ TECHNOLOGII GIS .....	91
2.1. Systemy informacji przestrzennej jednostek samorządowo-terytorialnych .....	91
2.2. Geodezja i kartografia .....	94
2.3. Planowanie zagospodarowania przestrzennego.....	97
2.4. Transport.....	103
2.5. Turystyka.....	107
2.6. Analizy akustyczne.....	112
2.6.1. Źródła, rodzaje, pomiar hałasu .....	112
2.6.2. Mapy akustyczne.....	115
2.7. Ochrona środowiska.....	118
2.8. Rolnictwo i leśnictwo .....	121
2.9. Inne przykłady zastosowania GIS .....	123
3. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII GIS W BEZPIECZEŃSTWIE PUBLICZNYM.....	125
3.1. Zarządzanie kryzysowe.....	125
3.1.1. Zapotrzebowanie na informacje przestrzenne w sytuacjach kryzysowych.....	125
3.1.2. Obszary zastosowania GIS w świetle ustawy o zarządzaniu kryzysowym .....	128
3.1.3. Zadania GIS w zarządzaniu kryzysowym .....	131
3.1.4. Przykłady zastosowań systemów informacji przestrzennej w zarządzaniu kryzysowym .....	133
3.2. Monitoring i ochrona infrastruktury krytycznej .....	136
3.3. System Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego.....	138
3.4. Informatyczny System Osłony Kraju .....	145
3.4.1. Narzędzia zarządzania ryzykiem powodziowym .....	145
3.4.2. Realizacja systemu ISOK.....	147
3.5. Bezpieczeństwo militarne.....	149
3.5.1. Kierunki badań nad zastosowaniem technologii GIS w obronności .....	149
3.5.2. Obszary zastosowań technologii GIS w resorcie obrony narodowej.....	150
3.5.3. Standard opracowań kartograficznych NATO i zobrazowania satelitarne .....	153
3.5.4. Rozpoznanie obrazowe i wywiad geoprzestrzenny.....	153
3.5.5. Przykład zastosowania technologii GIS w rozminowywaniu.....	155
3.6. Prace geodezyjne i kartograficzne na terenach zamkniętych.....	156
3.7. Transport ładunków niebezpiecznych.....	157
3.7.1. Skala zjawiska i uwarunkowania prawne.....	157
3.7.2. Klasyfikacja materiałów niebezpiecznych .....	160
3.7.3. Zastosowanie GIS w transporcie ładunków niebezpiecznych .....	161
3.8. GIS jako instrument koordynacji współpracy międzynarodowej / transgranicznej służb bezpieczeństwa publicznego.....	164
3.9. Satelitarny i lotniczy monitoring obszarów w sytuacji awarii elektrowni nuklearnych.....	166
Wnioski i rekomendacje .....	169
Streszczenie .....	171
GIS technology in the safety engineering. Summary .....	175
Źródła.....	177
Spis ilustracji.....	185
Spis tabel .....	187

## Wykaz stosowanych skrótów

<b>ADR</b>	Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych
<b>AGS</b>	<i>Alliance Ground Surveillance</i>
<b>AM</b>	<i>Automated Mapping</i>
<b>ARiMR</b>	Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa
<b>ASG-EUPOS</b>	Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS
<b>AVHRR</b>	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
<b>AVL</b>	<i>Automatic Vehicle Location</i>
<b>BDO</b>	baza danych ogólnogeograficznych
<b>BDOT500</b>	baza danych obiektów topograficznych
<b>BDSOG</b>	baza danych szczegółowych osnów geodezyjnych
<b>BI</b>	<i>Business Intelligence</i>
<b>BSP</b>	bezzałogowy system powietrzny
<b>CATS</b>	<i>Cloud-Aerosol Transport System</i>
<b>CGIS</b>	<i>Canada Geographic Information System</i>
<b>CODED</b>	<i>Eurostat's Concepts and Definitions Database</i>
<b>COTIF</b>	Konwencja o przewozie towarów kolejami
<b>CPR</b>	Centrum Powiadamiania Ratunkowego
<b>DBMS</b>	<i>database management system</i>
<b>DGPS</b>	<i>Differential Global Positioning System</i>
<b>DSS</b>	<i>Decision Support System</i>
<b>DTM</b>	<i>Digital Terrain Model</i>
<b>EFFIS</b>	Europejski System Informacji o Zagrożeniach Pożarowych i Lasów
<b>EGiB</b>	ewidencja gruntów i budynków
<b>EMUiA</b>	baza danych ewidencji miejscowości, ulic i adresów
<b>EPP GIS</b>	<i>Endorsed Product Program Geographical Information System</i>
<b>ESRI</b>	<i>Environmental System Research Institute</i>
<b>ETRS</b>	<i>European Terrestrial Reference System</i>
<b>GAC</b>	<i>Global Area Coverage</i>
<b>GCP</b>	<i>Ground Control Points</i>
<b>GDACS</b>	System Koordynacji i Powiadamiania o Globalnych Zagrożeniach
<b>GEOINT</b>	<i>Geospatial Intelligence</i>
<b>GESUT</b>	baza danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu
<b>GIS</b>	<i>Geographical Information Systems</i>
<b>GIS MGE</b>	<i>Modular GIS Environment</i>
<b>GISR</b>	System Informatyczny Powiadamiania Ratunkowego
<b>GML</b>	<i>Generalized Markup Language</i>

---

<b>GNU</b>	<i>General Public License</i>
<b>GNSS</b>	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>GRASS</b>	<i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
<b>GRS-80</b>	<i>Geodetic Reference System'80</i>
<b>GUS</b>	Główny Urząd Statystyczny
<b>IACS</b>	Zintegrowany System Zarządzania i Kontroli
<b>IATA-DGR</b>	Przepisy dotyczące transportu materiałów niebezpiecznych w międzynarodowym transporcie lotniczym
<b>ICAO</b>	<i>International Civil Aviation Organization</i>
<b>IIP</b>	infrastruktura informacji przestrzennej
<b>IMDG</b>	Międzynarodowe przepisy dotyczące transportu morskiego materiałów niebezpiecznych
<b>IMINT</b>	<i>Imagery Intelligence</i>
<b>INES</b>	<i>International Nuclear Event Scale</i>
<b>INS</b>	<i>Inertial Navigation System</i>
<b>InSAR</b>	<i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i>
<b>INSPIRE</b>	<i>Infrastructure for Spatial Information in the European Community</i>
<b>ISOK</b>	Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami
<b>ISS</b>	<i>International Space Station</i>
<b>ITRS</b>	<i>International Terrestrial Reference System</i>
<b>KIIP</b>	krajowa infrastruktura informacji przestrzennej
<b>KSIG</b>	krajowy system informacji geograficznej
<b>KZGW</b>	Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej
<b>LAC</b>	<i>Local Area Coverage</i>
<b>LiDar</b>	<i>Light Detection and Ranging</i>
<b>LPIS</b>	System Ewidencji Działek Rolnych
<b>MACCA</b>	<i>Mine Action Coordination Centre for Afghanistan</i>
<b>MES</b>	metody elementów skończonych
<b>MEW</b>	małe elektrownie wodne
<b>MMS/MLS</b>	system mobilnego mapowania
<b>MON</b>	Ministerstwo Obrony Narodowej
<b>MPHP</b>	mapa podziału hydrograficznego Polski
<b>MSWiA</b>	Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji
<b>NASA</b>	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
<b>NATO</b>	<i>North Atlantic Treaty Organization</i>
<b>NIK</b>	Najwyższa Izba Kontroli
<b>NMPT</b>	numeryczny model pokrycia terenu
<b>NMT</b>	numeryczny model terenu
<b>NNSA</b>	<i>National Nuclear Security Administration</i>
<b>NPT</b>	Narodowy Portal Turystyczny
<b>NSAU</b>	Ukraińska Agencja Kosmiczna
<b>OFM</b>	ortofotomapa
<b>OGC</b>	<i>Open Geospatial Consortium</i>
<b>ONZ</b>	Organizacja Narodów Zjednoczonych

<b>OSGeo</b>	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
<b>PAN</b>	Polska Akademia Nauk
<b>PN</b>	Polska Norma
<b>POI</b>	<i>point of interest</i>
<b>POT</b>	Polska Organizacja Turystyczna
<b>PRG</b>	państwowy rejestr granic
<b>PRNG</b>	państwowy rejestr nazw geograficznych
<b>PRPOG</b>	państwowy rejestr podstawowych osnów geodezyjnych
<b>PSIT</b>	Polski System Informacji Turystycznej
<b>PTIP</b>	Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej
<b>PUWG 1992</b>	państwowy układ współrzędnych "1992"
<b>QGIS</b>	Quantum GIS
<b>RGB</b>	<i>Red Green Blue</i>
<b>RID</b>	Regulamin międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych
<b>ROT</b>	Regionalna Organizacja Turystyczna
<b>SAR</b>	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
<b>SDI</b>	<i>Spatial Data Infrastructure</i>
<b>SILP</b>	System Informatyczny Lasów Państwowych
<b>SMGS</b>	Umowa o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej
<b>SMIL/Time-Text</b>	<i>Synchronized Multimedia Integration Language</i>
<b>SVG</b>	<i>Scalable Vector Graphics</i>
<b>SWD PRM</b>	System Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego
<b>SWING</b>	standard wymiany informacji geodezyjnych
<b>SYMAP</b>	<i>Synagraphic Mapping System</i>
<b>TBD</b>	baza danych topograficznych
<b>TGIS</b>	GIS temporalny
<b>TIN</b>	<i>Triangular Irregular Network</i>
<b>TLS</b>	<i>Terrestrial Laser Scanning</i>
<b>UN-SPIDER</b>	<i>United Nations Platform for Space-based information for Disaster Management and Emergency Response</i>
<b>UTM</b>	<i>Universal Transverse Mercator Projection</i>
<b>UXO</b>	<i>unexploded ordnance</i>
<b>W3C</b>	<i>World Wide Web Consortium</i>
<b>WCPR</b>	Wojewódzkie Centrum Powiadomienia Ratunkowego
<b>WFS</b>	<i>Web Feature Service Interface Standard</i>
<b>WGS-84</b>	<i>World Geodetic System' 84</i>
<b>WIOŚ</b>	Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska
<b>WMS</b>	<i>Web Map Service Interface Standard</i>
<b>XML</b>	<i>Extensible Markup Language</i>
<b>ZRM</b>	zespół ratownictwa medycznego





# WSTĘP

*„GIS czyli mapa w komputerze” – wcześniej<sup>1</sup>.  
Mapa w GIS jest tylko podkładem – obecnie.*

Systemy informacji przestrzennej są obecnie stosowane w wielu dziedzinach życia. Są to systemy pozyskiwania, gromadzenia, weryfikowania, integrowania, analizowania, transferowania i udostępniania danych przestrzennych. W szerokim rozumieniu obejmują one metody, środki techniczne, w tym sprzęt i oprogramowanie, bazy danych przestrzennych, organizację, zasoby finansowe oraz ludzi zainteresowanych jego funkcjonowaniem. Z uwagi na rangę zagadnienia, jednym z ważniejszych ich zastosowań są zadania związane z zapewnieniem bezpieczeństwa powszechnego.

Książka jest przeznaczona dla studentów kierunku „inżynieria bezpieczeństwa”. Jest to względnie nowy, praktyczny kierunek studiów I i II stopnia uruchomiony m.in. na Wydziale Nauk o Bezpieczeństwie Wyższej Szkoły Oficerskiej we Wrocławiu. Głównym celem kształcenia na tym kierunku jest przekazanie studentom nowoczesnej wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych niezbędnych do właściwej realizacji obowiązków zawodowych na różnych stanowiskach w instytucjach resortu obrony narodowej, administracji państwowej, w zespołach reagowania kryzysowego administracji rządowej i samorządowej, w społecznych organizacjach ratowniczych, w służbach, inspekcjach i straży oraz firmach związanych z obronnością kraju. Celem dydaktycznym procesu kształcenia jest przygotowanie absolwentów do rozwiązywania złożonych problemów bezpieczeństwa. Absolwent tego kierunku ma interdyscyplinarną wiedzę z zakresu nauk technicznych oraz wiedzę specjalistyczną z zakresu inżynierii bezpieczeństwa; powinien m.in. umieć posługiwać się technikami informacyjno-komunikacyjnymi właściwymi do realizacji zadania na stanowisku inżynierskim (technicznym) w przemyśle lub w służbach ratowniczych.

Z punktu widzenia kształcenia na kierunku „inżynieria bezpieczeństwa”, systemy informacji przestrzennej są przede wszystkim nowoczesnym narzędziem wspomagania decyzji w szeroko rozumianym bezpieczeństwie publicznym. Dlatego celem niniejszej pracy była identyfikacja i ocena możliwości zastosowania technologii systemów informacji przestrzennej w realizacji zadań z zakresu inżynierii bezpieczeństwa cywilnego i technicznego, a także w obszarach bezpośrednio lub pośrednio z nią związanych.

Na rynku nie ma książkowych pozycji na temat zastosowania GIS w inżynierii bezpieczeństwa. Natomiast ogólna problematyka GIS jest już mocno osadzona w literaturze przedmiotu. Wydaje się, że niniejsza książka wypełni lukę tematyczną na rynku literatury

---

1 Zob. np.: Myrda G., *GIS czyli mapa w komputerze*, Helion, Gliwice 1997.

przedmiotu. Szczególnie, że systemy informacji przestrzennej szybko ewoluują, są stosowane w coraz innych obszarach i do rozwiązywania wielu nowych problemów. Obecnie są one stosowane m.in. w monitoringu infrastruktury krytycznej, kontroli granic, projektowaniu organizacji i funkcjonowania systemów zagrożeń, zintegrowanych systemach ratownictwa, informatycznym systemie osłony kraju itd.

Przedmiotem pierwszego rozdziału są teoretyczne podstawy analiz przestrzennych, przegląd oprogramowania, niezbędne do oceny możliwości i obszarów zastosowania systemów informacji przestrzennej w typowych obszarach pośrednio związanych z bezpieczeństwem technicznym i cywilnym (rozdział drugi) oraz bezpośrednio związanych z realizacją zadań z zakresu inżynierii bezpieczeństwa cywilnego i technicznego (rozdział trzeci). W drugim i trzecim rozdziale przeanalizowano przykłady dotychczasowego wykorzystania technologii GIS w analizowanych obszarach. W trzecim rozdziale wykazano m.in., że w sytuacjach kryzysowych metody i techniki GIS pomagają podjąć uzasadnioną decyzję zbliżoną do optymalnej, w odróżnieniu od powszechnej praktyki podejmowania intuicyjnych decyzji w sytuacjach nadzwyczajnych.

Taką konstrukcję pracy przyjęto zgodnie z myślą przewodnią Celu operacyjnego 4 „Zwiększenie integracji polityk publicznych z polityką bezpieczeństwa” oraz Celu operacyjnego 5 „Tworzenie warunków do rozwoju zintegrowanego systemu bezpieczeństwa narodowego” Strategii Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022 oraz dwoma naczelnymi zasadami tej strategii: efektywności i spójności<sup>2</sup>.

Istotną przesłanką opracowania tej pozycji jest dynamiczny rozwój systemów informacji przestrzennej, ze szczególnym natężeniem występujący w ostatnich latach. Zarówno na świecie, jak i w Polsce powstało wiele powszechnie dostępnych i dedykowanych rozwiązań GIS. Jest to reakcja na obserwowane zjawisko eksplozji ilości danych, także przestrzennych.

Systemy informacji geograficznej są wdrażane przez instytucje rządowe i samorządowe oraz przez firmy prywatne. Obserwujemy coraz większe zainteresowanie możliwościami systemów geoinformacyjnych jako narzędziem informatycznym do wspomagania podejmowania decyzji, do projektowania i zarządzania. Rynek tych systemów zwiększa się rocznie o ponad 20%. Przy czym, coraz większe możliwości redukcji kosztów zastosowania GIS wiążą się z wykorzystaniem bezpłatnych narzędzi geoinformacyjnych. W związku z tym absolwent kierunku „inżynieria bezpieczeństwa” powinien być przygotowany do pracy z tymi systemami. GIS pozwala pozyskiwać i gromadzić dane o obiektach oraz zjawiskach, które znajdują się pod ziemią, na jej powierzchni i nad nią. Oprogramowanie GIS umożliwia integrację danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł i łączenie ich z innymi danymi, co pozwala na tworzenie ich geoprzestrzennej reprezentacji. Powstaje w związku z tym bogate źródło kompleksowej charakterystyki obiektów, które można wykorzystać w wielu dziedzinach (m.in. w planowaniu przestrzennym, ochronie środowiska, rolnictwie, transporcie, ochronie zdrowia, zarządzaniu zasobami naturalnymi, zarządzaniu kryzysowym itd.). Systemy geoinformacyjne jako jedna z najmłodszych technologii

<sup>2</sup> *Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022*, przyjęta uchwałą Rady Ministrów z dnia 9 kwietnia 2013 r., s. 37-38.

informacyjnych stają się coraz bardziej powszechnym narzędziem informatycznym wspomagającym zarządzanie, bezpieczeństwo i usługi publiczne, jak również automatyzację projektowania inżynierskiego.

Budowa tych systemów wymaga wieloletnich nakładów inwestycyjnych, jak również wielu uregulowań prawnych. Nakłady inwestycyjne związane są przede wszystkim z budową systemu geoinformatycznego (m.in. bazy danych oraz infrastruktury informacji przestrzennej), jak również przygotowanie kadry specjalistycznej do wdrażania, udostępniania oraz utrzymania w stanie aktualnym wszystkich elementów systemu.

Zastosowanie GIS bezpośrednio związane jest z profesjonalnym zarządzaniem informacją przestrzenną. Coraz więcej organów administracji państwowej i samorządowej wdraża systemy informacji przestrzennej. Systemy takie są bowiem jednym z najnowocześniejszych narzędzi do zarządzania regionem, monitoringu i budowy strategii regionu, wskazywania oraz uzasadniania potrzeb rozwojowych i wielu innych zastosowań.

O znaczeniu GIS świadczą m.in. obchody Światowego Dnia GIS (*GIS Day*) zainicjowanego pod koniec lat 80-tych ubiegłego wieku przez *National Geographic Society* (USA). *GIS Day* jest obchodzony w drugiej połowie listopada. Znamionym hasłem przewodnim *GIS Day* w 2013 roku było „Wykorzystanie GIS jest ograniczone tylko wyobraźnią osób go używających”. W marcu 2014 r. w Warszawie odbyła się pierwsza edycja konferencji *Oracle Spatial Days*. W Zamku Topacz pod Wrocławiem odbywa się *GISforum*.

Autor ma nadzieję, że książka zainspiruje Czytelników do poszukiwania nowych zastosowań GIS w rozwiązywaniu problemów z dziedziny inżynierii bezpieczeństwa i nie tylko. Ze względu na szeroki wachlarz poruszanych problemów, książka może być używana także przez studentów innych kierunków studiów, przede wszystkim „bezpieczeństwa narodowego”, „bezpieczeństwa wewnętrznego”, „gospodarki przestrzennej” czy „geografii”.

Autor pragnie wyrazić wdzięczność płk dr hab. inż. Witalisowi Pellowskiemu, dr inż. Marianowi Żuberowi, prof. zw. dr hab. inż. arch. Tadeuszowi Zipserowi, prof. dr hab. Jackowi Potockiemu, dr inż. arch. Jadwidze Brzuchowskiej, dr inż. Wawrzyńcowi Zipserowi, dr Maciejowi Popławskiemu, kpt Damianowi Przerwie, ppor. dr Zbigniewowi Kuźniarowi, mjr dr inż. Krzysztofowi Pokoniecznemu oraz Bogdanowi Zawiślińskiemu, Dyrektorowi Działu Bezpieczeństwa i Administracji Centralnej Esri Polska sp. z o.o., za pomoc merytoryczną i cenne wskazówki przy pisaniu niniejszej pracy. Wyrazy wdzięczności kieruje również do pracowników Zakładu Inżynierii Bezpieczeństwa Wydziału Nauk o Bezpieczeństwie WSOWL mjr dr inż. Roberta Picha, kpt dr inż. Jacka Ryczyńskiego, mgr inż. Pauliny Krawczyszyn za zyczliwe i inspirujące uwagi dotyczące koncepcji i treści niniejszej pracy.

Jerzy Ładysz



# 1. TECHNOLOGIA GIS

## 1.1. Pojęcie systemów informacji przestrzennej, technologii GIS

Szybki rozwój technologiczny w ciągu ostatnich kilkudziesięciu przejawia się m.in. w powszechnej komputeryzacji. Postępująca informatyzacja pozwala na coraz bardziej dokładne odzwierciedlanie świata rzeczywistego w postaci cyfrowej, co jest zasadą działania GIS.

**System informacyjny** jest to łańcuch operacji, na który składają się: planowanie obserwacji i gromadzenie danych, magazynowanie i operowanie danymi oraz ich analiza i w efekcie wykorzystanie posiadanych danych w procesach podejmowania decyzji.

Systemy informacji przestrzennej nie mają swej precyzyjnej i jednoznacznej definicji. W języku polskim stosuje się co najmniej trzy określenia: system informacji przestrzennej, system informacji geograficznej, system informacji o terenie. Często te terminy są używane zamiennie.

Zgodnie z definicją Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej (PTIP), **system informacji przestrzennej** (*spatial information system*) jest to system pozyskiwania, gromadzenia, weryfikowania, integrowania, analizowania, transferowania i udostępniania danych przestrzennych, w szerokim rozumieniu obejmuje on metody, środki techniczne, w tym sprzęt i oprogramowanie, bazę danych przestrzennych, organizację, zasoby finansowe oraz ludzi zainteresowanych jego funkcjonowaniem<sup>3</sup>.

**System informacji geograficznej** (*Geographical Information System – GIS*), jest to system informacji przestrzennej dotyczący danych geograficznych. Termin ten w liczbie mnogiej „systemy informacji geograficznej” stosowany jest również jako nazwa dziedziny zajmującej się geoinformacją oraz metodami i technikami GIS<sup>4</sup>.

W świetle prawa występuje pojęcie **systemu informacji o terenie** – rozumie się przez to bazę danych przestrzennych dotyczących określonego obszaru oraz procedury i techniki służące systematycznemu zbieraniu, aktualizowaniu i udostępnianiu danych<sup>5</sup>.

W szerszym znaczeniu GIS oznacza system przepływu i wykorzystania informacji przestrzennej, w węższym – oprogramowanie służące do analizy danych przestrzennych.

---

3 Eurostat's Concepts and Definitions Database (CODED), <http://ec.europa.eu/eurostat>, dostęp: 1.10.2014; Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej (PTIP), zespół redakcyjny pod przewodnictwem J. Gaździckiego, <http://www.ptip.org.pl>, dostęp: 1.10.2014.

4 Tamże...

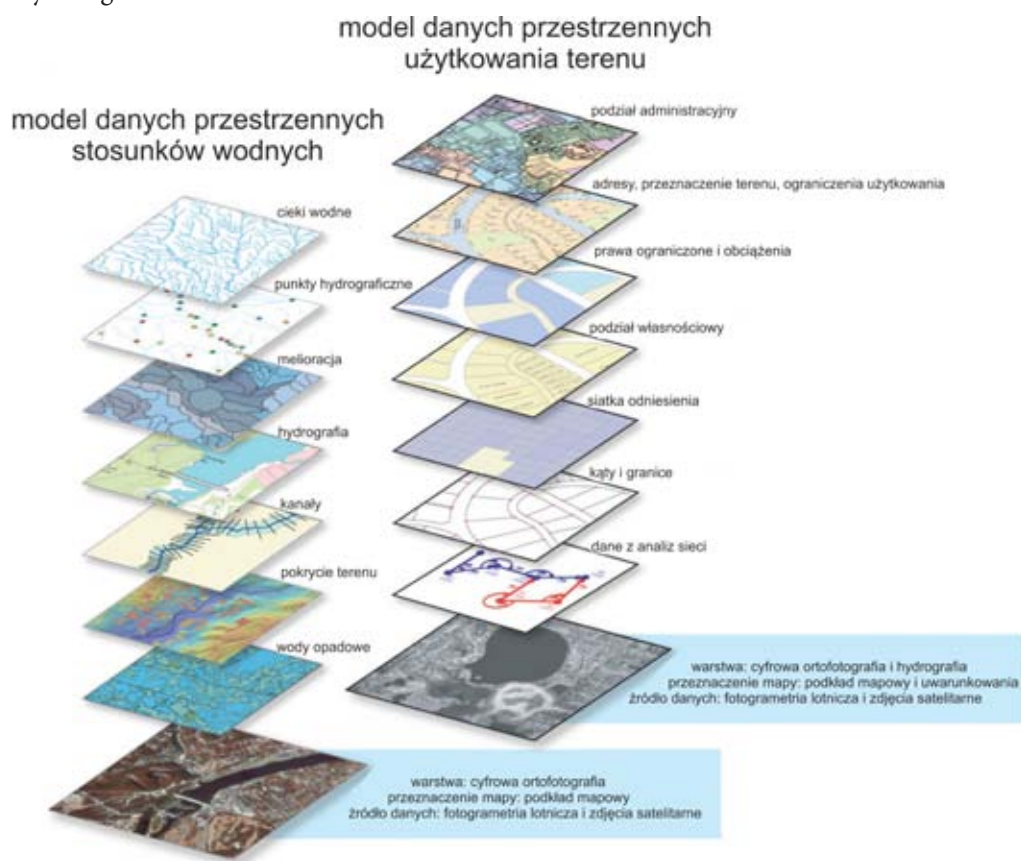
5 Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne, Dz.U. 1989 Nr 30 poz. 163, art. 2.

W celu ułatwienia Czytelnikowi zapoznania się z prezentowanym materiałem, w pracy stosuje się jednolite międzynarodowe określenie „GIS” zarówno w odniesieniu do systemów informacji przestrzennej, jak i do systemów informacji geograficznej.

Systemy informacji przestrzennej, łączą w sobie wiedzę z zakresu wielu dziedzin; informatyki, geografii, kartografii, geodezji, administracji, ochrony środowiska, ekonomii, statystyki i wielu innych.

Dane są organizowane w GIS w warstwy tworząc model warstwowy rzeczywistości (rysunek 1).

**Rysunek 1.** Warstwowa struktura GIS stosowanego w administracji samorządowej i hydrologii



Źródło: ArcGIS Raster Data Models, <http://www.esri.com/news/arcnews/fall04/articles/arcgis-raster-data-model.html>, dostęp: 22.11.2014.

Cechą GIS jest możliwość kartograficznej prezentacji informacji przestrzennej oraz możliwość dokonywania analiz. Jednym z podstawowych elementów systemu informacji przestrzennej jest baza danych zawierająca dane przestrzenne i opisowe. Aby można było ją utworzyć, konieczne jest odpowiednie oprogramowanie i sprzęt, nie tylko komputerowy,

ale również urządzenia peryferyjne służące do pozyskiwania danych, takie jak: skanery, digitizery oraz urządzenia do generowania opracowań tabelarycznych i kartograficznych (drukarki, plotery itp.)<sup>6</sup>.

W GIS następuje cyfrowe odwzorowanie rzeczywistości w postaci graficznej, powiązane różnego rodzaju atrybutami zwanymi parametrami opisowymi. Ze względu na możliwość odwzorowania rzeczywistości i jej opisanie systemy te znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach. W ten sposób można przedstawiać infrastrukturę drogową, kanalizacyjną, gazową oraz rzeki, domy, granice województw oraz wiele innych. Natomiast dzięki możliwości dodawania atrybutów opisowych, można powiązać te wszystkie obiekty, jak i dać im przynależność do pewnych grup oraz właściwości (wielkość, kształt, współrzędne), co ułatwia szybkie wyszukiwanie pewnych elementów terenu.

W związku z dynamicznym (skokowym) rozwojem podstaw teoretycznych, oprogramowania GIS i jego zróżnicowania, rosnącą ilością obszarów ich zastosowania i samych możliwości zastosowań, na obecnym etapie rozwoju tych systemów bardziej pojemnym i trafnym określeniem wydaje się być „technologia GIS”. Pojęcie to ewoluowało. Ogólnie, oznacza przestrzenny wymiar informacji; jest oparte na lokalizacji.

Obecnie **technologię GIS** (*GIS technology*) można zdefiniować jako informatyczne metody i techniki zarządzania danymi przestrzennymi. Przy czym poprzez zarządzanie danymi przestrzennymi rozumie się procesy pozyskiwania, tworzenia, weryfikacji, ewidencji, standaryzacji (normalizacji), gromadzenia w sposób uporządkowany, integrowania, analizowania, interpretowania, modelowania, administrowania, aktualizacji, udostępniania, wizualizacji i wykorzystania danych przestrzennych. Technologie GIS pozwalają na identyfikację i ocenę związków między badanymi zjawiskami, wzorców rozwoju oraz trendów; pozwalają na budowę systemów informacji przestrzennej; stanowią podstawę systemów DSS (*Decision Support System*). Immanentną cechą współczesnych technologii GIS jest jej sieciowy charakter. Dotyczy to przede wszystkim pozyskiwania i udostępniania danych.

## 1.2. Rys historyczny systemów informacji przestrzennej

Początki systemów GIS przypadają na późne lata pięćdziesiąte. Wówczas nastąpiły pierwsze próby wykorzystania komputerów do tworzenia map tematycznych przedstawiających jedno lub kilka zjawisk (tematów) na powierzchni Ziemi. Technologia GIS zrodziła się na bazie technologii AM (*Automated Mapping*) – idei wykorzystania komputera w kartografii jako kopiarki sporządzonych w ściśle określonym celu i określonej skali map. Komputer umożliwił łatwą aktualizację i zmiany na mapach oraz zastępował analogowe

6 System informacji przestrzennej, [http://www.sip.wods.pl/sip\\_ogolnie](http://www.sip.wods.pl/sip_ogolnie), dostęp: 25.11.2014.

urządzenia w obróbki materiałów wyjściowych, np. zdjęć lotniczych. Ciągły rozwój techniki komputerowej sprzyjał zwiększaniu różnorodności zastosowań w analizie danych przestrzennych. Funkcje pierwszych systemów ograniczały się głównie do inwentaryzacji danych przestrzennych.

Za prekursorów wykorzystania komputera do tworzenia map i gromadzenia danych geograficznych uważa się profesora Uniwersytetu w Harvardzie Howarda T. Fishera oraz Rogera Tomlinsona. Pierwszy z nich założył w 1964 roku Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis, w którym wkrótce powstał SYMAP (*Synagraphic Mapping System*) – pierwszy program do komputerowego opracowywania map. Z kolei Roger Tomlinson w 1963 roku rozpoczął w Kanadzie prace nad projektem CGIS (*Canada Geographic Information System*), będącym pierwszym systemem mającym objąć swoim zasięgiem cały kraj i zawierającym dane o możliwościach wykorzystania terenu. Właśnie od tego projektu powstała nazwa systemów GIS. Baza danych CGIS zawierała informacje o rolnictwie, leśnictwie i użytkowaniu ziemi. Powstanie systemu wiązało się ze stworzeniem od podstaw bazy danych przestrzennych, co wymagało sczytania ogromnej ilości tradycyjnych map papierowych. Możliwości graficznej prezentacji danych były w tamtych latach mocno ograniczone. Rozwój technologii komputerowej i pojawienie się pierwszych zdjęć satelitarnych sprawiły, że ponownie przyspieszył się rozwój systemów GIS. Na początku lat osiemdziesiątych połączono bazy danych zawierających graficzny opis obiektów z bazami zawierającymi ich tekstowy i numeryczny opis. Pozwoliło to na wprowadzenie nowych możliwości analitycznych<sup>7</sup>.

Istotną datą dla rozwoju systemów informacji geograficznej był rok 1969. W USA rozpoczęły działalność dwie firmy do dziś wytyczające kierunki rozwoju GIS. W Huntsville w Alabamie powstała M&S Computing (od 1980 r. **Intergraph Corporation**). Firma ta opracowała pierwszą wersję pakietu programów GIS MGE (*Modular GIS Environment*). Z kolei w Redlands w Kalifornii założono Instytut Badań Systemów Środowiskowych, rozpoznawany najczęściej pod angielską nazwą **ESRI** (*Environmental System Research Institute*). W 1981 r. ESRI wprowadziło na rynek pierwszą wersję programu **ArcInfo**, który stał się jednym z wiodących systemów na rynku GIS. Nie bez znaczenia jest to, że współtwórcy obu firm (David Sinton – M&S Computing i Jack Dangermond – ESRI) studiowali we wspomnianym Harvard Laboratory<sup>8</sup>.

Upowszechnieniu technologii GIS towarzyszyło powstanie bazy koncepcyjnej, co zaowocowało rozwojem takich dziedzin, jak analiza danych przestrzennych, statystyka danych przestrzennych lub modelowanie kartograficzne. Istnienie tej podstawy teoretycznej systemu sprawiło, że GIS jest nie tylko nową technologią, ale i nową dziedziną nauki<sup>9</sup>.

W latach 90. XX wieku powstały pierwsze **systemy informacji przestrzennej typu desktop**. Możliwości narzędzi GIS stale rosły, zapewniając użytkownikom coraz większą

7 Gotlib D., Olszewski R., *Od nakładek do n-warstw*, <http://geoforum.pl/?menu=46814,46839&link=gis-historia>, dostęp: 22.11.2014.

8 Tamże...

9 Urbański, J., *Zrozumieć GIS, Analiza informacji przestrzennej*, PWN, Warszawa 1997; Bielecka E., Cichociński P., Iwaniak A., Krawczyk, A., Pachół, P., *Przegląd polskich geoportali na podstawie konkursu „The SDI Best Practice Award 2009”*, „Roczniki Geomatyki”, 2010.



funkcjonalność zarówno w zakresie gromadzenia danych, jak i ich analizy i wizualizacji. W końcu lat 90. w zastosowaniach GIS została upowszechniona tzw. technologia klient/serwer. Na serwerze instalowane jest oprogramowanie specjalistyczne i gromadzone są dane, natomiast na komputerze użytkownika specjalny program pozwalający na korzystanie z nich<sup>10</sup>.

Obecnie rozwiązania typu klient-serwer (architektura 2-warstwowa) zastępowane są coraz częściej **systemami o architekturze n-warstwowej**. Funkcjonalność takiego systemu jest podzielona na co najmniej 3 warstwy: interfejs użytkownika, serwer aplikacji i bazę danych. Jako interfejs użytkownika wykorzystywana jest przeglądarka WWW (tzw. „cienki klient”) lub specjalistyczna aplikacja, łącząca się z serwerem aplikacji (tzw. „gruby klient”). Serwer aplikacji realizuje większość funkcji przetwarzania danych. Rozwiązania zgodnie z architekturą n-warstwową zwiększają elastyczność systemu i obniżają koszty ich budowy<sup>11</sup>.

Współcześnie powstające systemy GIS budowane są na bazie tzw. **sieciwych usług geoinformacyjnych**, jak np. dystrybucja i wyszukiwanie danych przestrzennych. Umożliwiają one użytkownikom korzystającym ze zwykłej przeglądarki internetowej i prostych w obsłudze narzędzi informatycznych dostęp do wyrafinowanych funkcji GIS<sup>12</sup>.

Wybrane daty w historii systemów informacji przestrzennej:

- **1972** – wystrzelono pierwszego **satelitę ERTS-1** (później nazwanego Landsat). Rozpoczynają się obserwacje Ziemi za pomocą technik teledetekcji satelitarnej.
- **1973** – powstaje pierwszy model **TIN** (*Triangular Irregular Network*) jako sposób przedstawienia powierzchni terenu.
- **1985** – w United States Army Construction Engineering Research Laboratories powstaje **GRASS** (*Geographic Resources Analysis Support System*), oprogramowanie typu *Open Source* wykorzystywane (zwłaszcza w środowiskach akademickich) do dzisiaj.
- **1994** – powstaje organizacja **OpenGIS Consortium** (OGC), obecnie Open Geospatial Consortium, grupująca na starcie 20 firm i instytucji zainteresowanych rozwojem otwartych systemów GIS; zrzesza 339 firm, instytucji i agencji rządowych.
- **1998** – uruchomiono **TerraServer**, wspólne przedsięwzięcie firm: AerialImage-sInc., Microsoft i Compaq oraz amerykańskiej służby geologicznej.

### 1.3. Informacja przestrzenna, obiekt przestrzenny, dane przestrzenne

**Informacja geoprzestrzenna / przestrzenna** (*geospatial information*) to informacja uzyskiwana w drodze interpretacji danych geoprzestrzennych.

Sposoby reprezentacji informacji przestrzennej w GIS:

---

10 Gotlib D., Olszewski R., *Od nakładek do n-warstw...*

11 Tamże...

12 Tamże...

1/ Rastrowa – rzeczywistość jest podzielona przez prostokątną siatkę (macierz komórek), zorganizowanych jako zbiór kolumn i rzędów. Wartości komórek odzwierciedlają zjawiska geograficzne, np. klasę gleb, nachylenie terenu czy wzniesienie.

2/ Wektorowa – obiekty są umieszczone w dwuwymiarowej płaszczyźnie mapy jako punkty, linie (ciągi punktów) i obszary.

**Obiekt przestrzenny** (*feature, spatial object*) – abstrakcyjna reprezentacja przedmiotu, zjawiska fizycznego lub zdarzenia związanego z określonym miejscem lub obszarem geograficznym<sup>13</sup>, która stanowi figurę geometryczną utworzoną przez wyodrębniony zbiór punktów w rozpatrywanej przestrzeni dwuwymiarowej lub trójwymiarowej i opisany danymi przestrzennymi. Obiekty przestrzenne mogą być dyskretne lub ciągłe, proste lub złożone, zapisane za pośrednictwem danych wektorowych lub danych rastrowych. Obiekt przestrzenny może występować jako typ obiektu, np. budynek w ogólności, albo jako konkretny jego egzemplarz, np. budynek określony danym adresem. Obiekt przestrzenny oznacza abstrakcyjną reprezentację zjawiska świata rzeczywistego związaną z określonym położeniem lub obszarem geograficznym<sup>14</sup>. W systemach informacji przestrzennej obiekty przestrzenne są połączone z przypisanymi im informacjami opisowymi, posiadają **atrybuty** (*attribute*) - nieodłączne cechy danego obiektu. Ze względu na rodzaj przechowywanej w atrybutach informacji dzielimy je na:

- atrybuty przestrzenne – określające położenie, wielkość i geometryczny kształt obiektów oraz ich przestrzenne (topologiczne) relacje,
- atrybuty opisowe – określające nieprzestrzenne właściwości i relacje obiektów.

**Metody opisu położenia** obiektów przestrzennych:

- nazwa geograficzna,
- położenie względne (topologia),
- współrzędne lokalne,
- współrzędne kartograficzne.

W przestrzeni dwuwymiarowej obiekt przestrzenny może być figurą maksymalnie dwuwymiarową, natomiast w przestrzeni trójwymiarowej, maksymalnie trójwymiarową.

Podstawowymi stosowanymi figurami są:

- punkt – w modelowaniu danych przestrzennych, najprostsza pod względem geometrycznym reprezentacja obiektu przestrzennego; na płaszczyźnie w postaci wektorowej jest to para współrzędnych; w postaci rastrowej punkt identyfikowany jest z komórką rastra, która ten punkt zawiera,
- łamana – linia utworzona przez skończoną liczbę uporządkowanych i kolejno połączonych odcinków linii prostych lub krzywych,
- wielokąt – obszar płaszczyzny ograniczony łamaną zwyczajną zamkniętą łącznie z tą łamaną,

13 Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej, Dz.U. z 2010 r. Nr 76, poz. 489, z 2012 r. poz. 951 z późn. zmianami, art. 3.

14 Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informatyki i Inżynierii Geomatycznej...; Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE), OJ L 108, 25/04/2007 P. 1 – 14.

- wielościan – bryła powstała przez rozcięcie przestrzeni euklidesowej  $E^3$  powierzchnią utworzoną przez skończoną liczbę wielokątów,
- piksel – najmniejszy dwuwymiarowy element obrazu, któremu mogą być przypisane atrybuty, np. kolor lub intensywność,
- woksel – najmniejszy trójwymiarowy element bryły stosowany w cyfrowym modelowaniu brył.

Obiekty przestrzenne mogą być:

- proste – obiekt przestrzenny, który nie zawiera innych obiektów przestrzennych,
- złożone – obiekt przestrzenny, który zawiera inne obiekty przestrzenne

zapisane za pośrednictwem:

- danych wektorowych – danych przestrzennych w postaci współrzędnych służących do opisu właściwości geometrycznych obiektów przestrzennych,
- rastrowych – danych przestrzennych odniesionych do rastra.

Obiekty przestrzenne także mogą być:

- dyskretne – obiekt przestrzenny, który jest stałoatrybutowy, co oznacza, że każdy z jego rozpatrywanych atrybutów opisowych ma wartość ustaloną dotyczącą całego obiektu,
- ciągłe – obiekt przestrzenny o charakterze pola (*field*), który jest zmiennoatrybutowy, tzn. ma co najmniej jeden uwzględniany atrybut opisowy przybierający wartości zależne od położenia punktu w tym obiekcie.

**Dane geoprzestrzenne / przestrzenne** (*geospatial data*) – dane odnoszące się bezpośrednio lub pośrednio do określonego położenia lub obszaru geograficznego. Są to dane dotyczące obiektów przestrzennych powiązanych z powierzchnią Ziemi, w tym zjawisk i procesów, znajdujących się lub zachodzących w przyjętym układzie współrzędnych.

Dane przestrzenne dotyczą:

- właściwości geometrycznych obiektu przestrzennego, a zwłaszcza jego położenia względem przyjętego dwuwymiarowego lub trójwymiarowego układu współrzędnych,
- charakterystyki obiektu pod względem czasu, np. daty jego utworzenia,
- związków przestrzennych (topologicznych) danego obiektu z innymi obiektami przestrzennymi,
- wyróżnionych atrybutów opisowych obiektu przestrzennego, służących do jego identyfikacji oraz określających jego podstawowe właściwości.

**Metadane** – informacje, które opisują zbiory danych przestrzennych oraz usługi danych przestrzennych i umożliwiają odnalezienie, inwentaryzację i używanie tych danych i usług<sup>15</sup>. Inaczej, są to dane opisujące inne dane. Katalogi i usługi metadanych umożliwiają użytkownikom organizowanie, wyszukiwanie i uzyskiwanie dostępu do udostępnianej informacji przestrzennej.

Ogólnie, baza danych (*database*) to plik danych lub zbiór danych wraz z określonymi powiązaniemmi pomiędzy danymi. Dane przechowywane w bazie danych są niezależne od

15 Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej..., art. 3.

konkretnego zastosowania<sup>16</sup>. Natomiast **geobaza** to baza danych przestrzennych zawierająca zestawy danych w generycznym modelu danych (obiekty, rastry, topologie, sieci).

Poprzez **usługi danych przestrzennych** rozumie się usługi będące operacjami, które mogą być wykonywane przy użyciu oprogramowania komputerowego na danych zawartych w zbiorach danych przestrzennych lub na powiązanych z nimi metadanych<sup>17</sup>. Są to usługi<sup>18</sup>:

- wyszukiwania zbiorów oraz usług danych przestrzennych na podstawie zawartości odpowiadających im metadanych oraz umożliwiające wyświetlanie zawartości metadanych;
- przeglądania, umożliwiające co najmniej: wyświetlanie, nawigowanie, powiększanie i pomniejszanie, przesuwanie lub nakładanie na siebie zobrazowanych zbiorów oraz wyświetlanie objaśnień symboli kartograficznych i zawartości metadanych;
- pobierania kopii zbiorów lub ich części oraz, gdy jest to wykonalne, bezpośredni dostęp do tych zbiorów;
- przekształcania zbiorów w celu osiągnięcia interoperacyjności zbiorów i usług danych przestrzennych.

Zgodnie z ustawą, usługi te powinny być powszechnie i nieodpłatnie dostępne za pomocą środków komunikacji elektronicznej<sup>19</sup>.

Usługi danych przestrzennych powinny umożliwiać wyszukiwanie zbiorów i usług danych przestrzennych co najmniej według następujących kryteriów lub ich kombinacji<sup>20</sup>:

- słowa kluczowe;
- klasyfikacja danych przestrzennych oraz usług danych przestrzennych;
- jakość i ważność zbiorów;
- stopień zgodności ze standardami technicznymi dotyczącymi interoperacyjności zbiorów i usług danych przestrzennych;
- położenie geograficzne;
- warunki dostępu i korzystania ze zbiorów oraz usług danych przestrzennych;
- organy administracji odpowiedzialne za tworzenie, aktualizację i udostępnianie zbiorów oraz usług danych przestrzennych.

## 1.4. Normalizacja informacji przestrzennej

**Znormalizowana metodyka modelowania informacji geograficznej** zawarta jest m.in. w rozporządzeniach wykonawczych do prawa geodezyjnego, przepisach implementacyjnych INSPIRE oraz w normach ISO serii 19100 (PN-EN ISO).

16 *Terminologia Metadanych Statystycznych*, Organizacja Narodów Zjednoczonych, Genewa 2010.

17 *Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej...*, art. 3.

18 *Tamże...*, art. 9.

19 *Tamże...*, art. 12.

20 *Tamże...*, art. 12.

**Norma** to przyjęty na zasadzie konsensu i zatwierdzony dokument ustalający do powszechnego i wielokrotnego stosowania zasady, wytyczne lub charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności lub ich wyników i zmierzający do uzyskania optymalnego stopnia uporządkowania w określonej dziedzinie. **Normalizacja** - proces opracowywania i wprowadzania norm.

Normy zatwierdzone przez Polski Komitet Normalizacyjny w zakresie informacji geograficznej (stan na 25.11.2014 r.)<sup>21</sup>:

1/ „PN-EN ISO 19101:2005 Informacja geograficzna – Model tworzenia norm”. Norma jest wprowadzeniem i przewodnikiem w zakresie rodziny norm ISO 19100 dotyczących informacji geograficznej umożliwiającym powszechne użycie cyfrowej informacji geograficznej. Podano podstawowe zasady stosowane w standardach dotyczących informacji geograficznej. Do opisu wymagań i zasad, zawarto wizję standaryzacji, której stosowanie w zakresie informacji geograficznej umożliwi integrację istniejących i przyszłych technologii informatycznych i aplikacji.

2/ „PN-EN ISO 19105:2005 Informacja geograficzna – Zgodność i testowanie zgodności”. W normie przedstawiono wytyczne, koncepcje, kryteria oraz metodologię sprawdzania zgodności danych geograficznych, produktów i serwisów informatycznych oraz specyfikacji, w tym profili i standardów funkcjonalnych, z normami ISO w zakresie informacji geograficznej. Zdefiniowano dwie klasy zgodności: zgodność specyfikacji z serią norm ISO z zakresu informacji geograficznej, zgodność rozdziałów traktujących o zgodności z postanowieniami normy ISO 19105. Ustalono zasady definiowania abstrakcyjnych testów zgodności i procedur testowych. Zidentyfikowano typy testów zgodności, omówiono metody testowe oraz opisano proces oceny zgodności.

3/ „PN-EN ISO 19106:2006 Informacja geograficzna – Profile (norm bazowych)”. Zdefiniowano pojęcie profilu norm bazowych ISO z zakresu informacji geograficznej, opracowanych przez ISO/TC 211 oraz podano wytyczne do opracowania takich profili. Tylko te składniki specyfikacji, które odpowiadają podanej tu definicji profilu mogą być ustalane i stosowane za pomocą mechanizmów opisanych w niniejszej normie. Profile te mogą podlegać procesom normalizacji międzynarodowej. Podano również wytyczne w zakresie ustalania, stosowania i normalizacji na poziomie krajowym.

4/ „PN-EN ISO 19107:2010 Informacja geograficzna – Schemat przestrzenny”. Ustalono schematy pojęciowe do opisywania przestrzennych cech obiektów geograficznych oraz **manipulowania**<sup>22</sup> tymi cechami. Cechy obiektów zostały opisane wyłącznie za pomocą danych wektorowych. Modele geometryczne objęte niniejszą normą dostarczają środków do opisów ilościowych, za pomocą współrzędnych i funkcji matematycznych, przestrzennych cech obiektów. Zawarte w normie modele topologiczne dostarczają środków do opisów jakościowych przestrzennych charakterystyk obiektów geograficznych i związków pomiędzy nimi.

21 Polski Komitet Normalizacyjny, <http://www.pkn.pl/>, dostęp: 25.11.2014.

22 Jest to najprawdopodobniej nietrafne tłumaczenie, które zaczyna być powielane. Powinno raczej być „operowania tymi cechami”.

5/ „PN-EN ISO 19108:2010 Informacja geograficzna – Schemat czasowy”. Opisano pojęcia służące do opisu aspektów czasowych informacji geograficznej. Zdefiniowano (pojęciowy) model czasowy dla informacji geograficznej, w obszarze którego zidentyfikowano czasowe prymitywy geometryczne i czasowe obiekty topologiczne, położenie czasowe oraz czasowe systemy odniesienia. Ustanowiono zasady definiowania czasowych atrybutów, operacji i powiązań obiektów geograficznych, jak również czasowych elementów metadanych geograficznych.

6/ „PN-EN ISO 19109:2009 Informacja geograficzna – Reguły schematów aplikacyjnych”. Zdefiniowano reguły tworzenia i dokumentowania schematów aplikacyjnych, łącznie z zasadami definiowania obiektów modelowych. Uwzględniono: modelowanie pojęciowe obiektów i ich właściwości w danym zakresie przedmiotowym; definiowanie schematów aplikacyjnych; stosowanie języka schematu pojęciowego w schematach aplikacyjnych; integrowanie schematów znormalizowanych z innych norm w dziedzinie informacji geograficznej z danym schematem aplikacyjnym.

7/ „PN-EN ISO 19110:2010 Informacja geograficzna – Metodyka katalogowania obiektów”. Zdefiniowano metodykę katalogowania typów obiektów oraz określono jak klasyfikacja typów obiektów jest zorganizowana w katalogu obiektów oraz przedstawiana użytkownikom zbioru danych geograficznych. Metodyka ta ma zastosowanie do tworzenia katalogów typów obiektów w uprzednio nieskatalogowanych dziedzinach, jak też do rewizji istniejących katalogów obiektów w celu uzyskania zgodności z praktyką normalizacyjną.

8/ „PN-EN ISO 19111:2010 Informacja geograficzna – Odniesienia przestrzenne za pomocą współrzędnych”. Przedstawiono elementy niezbędne do pełnego zdefiniowania różnych typów układów współrzędnych oraz systemów odniesienia, mających zastosowanie w informacji geograficznej. Opisano również transformacje współrzędnych i konwersje współrzędnych pomiędzy dwoma różnymi systemami odniesienia. W załącznikach podano procedurę sprawdzania zgodności opisu systemu odniesienia z normą oraz przykłady opisu systemu odniesienia. Podano także obszernie objaśnienia wybranych terminów zawartych w normie.

9/ „PN-EN ISO 19112:2005 Informacja geograficzna – Odniesienia przestrzenne za pomocą identyfikatorów geograficznych”. Zdefiniowano i opisano sposoby określania położenia przestrzennego obiektów za pomocą identyfikatorów geograficznych, bazujących na relacjach opisywanych obiektów w odniesieniu do innych uprzednio zdefiniowanych obiektów.

10/ „PN-EN ISO 19157:2014-04<sup>23</sup> Informacja geograficzna – Jakość danych”. Norma ustanawia podstawy opisu jakości danych geograficznych. Definiuje składniki opisu jakości danych, określa składniki i strukturę zawartości rejestru miar jakości danych, opisuje ogólne procedury oceny jakości danych geograficznych, ustala reguły przedstawiania jakości danych. Norma definiuje również zbiór miar jakości danych do wykorzystania przy

23 Od 2013 roku Polski Komitet Normalizacyjny wprowadził nową zasadę numeracji Polskich Norm (PN). Nowy numer referencyjny zawiera także miesiąc publikacji normy, np. PN-EN 12345:2013-03, w którym „03” oznacza miesiąc (marzec) publikacji normy.

ocenie i przedstawianiu jakości danych. Jest ona przeznaczona dla producentów danych dostarczających informacji o jakości do opisu i szacowania, na ile zbiór danych jest zgodny ze specyfikacją produktu oraz dla użytkowników danych usiłujących ustalić, czy określone dane geograficzne mają odpowiednią jakość do ich konkretnego zastosowania. Norma nie definiuje minimalnych dopuszczalnych poziomów jakości danych geograficznych.

11/ „PN-EN ISO 19115-1:2014-08 Informacja geograficzna – Metadane – Część 1: Podstawy”. Zdefiniowano schemat służący do opisu informacji i usług geograficznych za pomocą metadanych. Podane w normie metadane dostarczają informacji o identyfikacji, zasięgu, jakości, przedstawieniu przestrzennym i czasowym, zawartości, odniesieniach przestrzennych, prezentacji, dystrybucji oraz innych własnościach cyfrowych danych geograficznych i usług. Ta część 19115 znajduje zastosowanie przy katalogowaniu wszystkich typów zasobów, w procesach współdzielenia danych oraz do pełnego opisu zbiorów danych i usług. Odnosi się do usług geograficznych, zbiorów danych geograficznych, serii zbiorów danych i pojedynczych obiektów geograficznych oraz ich własności. W tej części ISO 19115 wyróżniono obowiązkowe i warunkowe sekcje, encje i elementy metadanych, minimalny zbiór metadanych wymagany do zapewnienia większości zastosowań metadanych (wyszukiwania, określanie przydatności, dostępu, transferu i wykorzystania cyfrowych danych i usług) oraz fakultatywne elementy metadanych, służące do bardziej szczegółowego opisywania zasobów, o ile jest to wymagane. Opisano metodę definiowania dodatkowych metadanych w celu uwzględnienia specyficznych potrzeb. Mimo, iż ta część ISO 19115 ma zastosowanie dla danych i usług przestrzennych w formie cyfrowej, to jednak można ją również stosować do zasobów takich jak: mapy lądowe, morskie mapy nawigacyjne, dokumenty tekstowe, a także dane niegeograficzne. Jednak wówczas pewne warunkowe elementy metadanych mogą nie mieć zastosowania.

12/ „PN-EN ISO 19115-2:2010 Informacja geograficzna – Metadane – Część 2: Rozszerzenie dla danych obrazowych i macierzowych”. Rozszerzono istniejący standard (normę) metadanych geograficznych przez zdefiniowanie schematu wymaganego do opisywania danych obrazowych i macierzowych (gridowych). Podano informacje o cechach urządzeń i sprzętu pomiarowego użytego do pozyskiwania danych, o geometrii obrazowania i procesie produkcyjnym zastosowanym do digitalizacji danych pierwotnych (źródłowych). Przedstawiono metadane niezbędne do opisu procesu pozyskania informacji geograficznej z danych źródłowych, włącznie z cechami systemu pomiarowego (systemu pozyskiwania danych), metodami numerycznymi i procedurami obliczeniowymi zastosowanymi w procesie opracowania danych. Diagramy zawarte w tej części normy ISO 19115 przedstawiono przy użyciu notacji UML.

13/ „PN-EN ISO 19116:2006 Informacja Geograficzna – Usługi wyznaczania położenia”. Określono strukturę danych i zawartość interfejsu w sposób umożliwiający komunikację pomiędzy urządzeniami służącymi do wyznaczania położenia a urządzeniami wykorzystującymi to położenie, w sposób pozwalający na jednoznaczną interpretację informacji o położeniu i stwierdzenie, czy wyniki odpowiadają wymaganiom użytkownika. Znormalizowany interfejs informacji geograficznej i położenia pozwala na integrację danych o położeniu, uzyskaną za pomocą różnych technologii, z różnymi zastosowaniami

informacji geograficznej w takich dziedzinach, jak np.: pomiary geodezyjne, nawigacja czy inteligentne systemy transportu.

14/ „PN-EN ISO 19117:2014-07 Informacja geograficzna – Prezentacja”. Norma definiuje schemat pojęciowy opisujący symbole oraz funkcje prezentacji, które odwzorowują obiekty geoprzestrzenne na symbole graficzne oraz kolekcję symboli i funkcje prezentacji na katalogi prezentacji. Schemat aplikacyjny może być używany przy projektowaniu systemów prezentacji. Pozwala na oddzielenie danych geograficznych od prezentacji tych danych, uniezależniając prezentację tych danych od zbiorów danych. Norma nie ma zastosowania do:

- znormalizowanej kolekcji symboli (np. Międzynarodowa Mapa 1 - IHO);
- normy dotyczącej grafiki symboli (np. skalowalna grafika wektorowa SVG);
- prezentacja usług (np. usługa prezentacji w postaci mapy WMS);
- sposoby prezentacji niewizualnej (np. symbolika słuchowa);
- dynamiczne renderowanie (np. konturowanie pływów na bieżąco);
- reguły w zakresie prezentacji treści mapy (np. generalizacja, ograniczenie zakresu treści, reguły zmiany położenia znaków umownych);
- tworzenie symboli 3D (np. modelowanie symulacyjne).

15/ „PN-EN ISO 19118:2011 Informacja geograficzna – Kodowanie”. Określono wymagania dla definiowania reguł kodowania wykorzystywanych do wymiany danych geograficznych w ramach Międzynarodowych Standardów ISO serii 19100. Zdefiniowano m.in. wymagania dla tworzenia reguł kodowania opartych na schematach UML oraz opartych na XML dla niezależnej wymiany danych geograficznych, przy czym nie określono żadnych nośników cyfrowych, nie zdefiniowano usług i protokołów transferu, nie określono również kodowania dołączonych dużych obrazów.

16/ „PN-EN ISO 19119:2010 Informacja geograficzna – Usługi”. Zidentyfikowano i zdefiniowano wzorce strukturalne dla interfejsów usług w dziedzinie informacji geograficznej. Przedstawiono systematykę usług oraz listę przykładowych usług zamieszczonych w tej systematyce. Zawarto wytyczne dla wyboru i wyspecyfikowania usług w dziedzinie informacji geograficznej zarówno w aspekcie usług niezależnych od platformy, jak też usług specyficznych dla konkretnych platform.

17/ „PN-EN ISO 19123:2010 Informacja geograficzna – Schemat geometrii i funkcji pokryć”. Zdefiniowano schemat pojęciowy dla przestrzennych charakterystyk pokryć terenowych. Pokrycia te wspomagają odwzorowanie dziedziny przestrzennej, czasowej i czasoprzestrzennej na wartości atrybutów obiektów, przy czym typy atrybutów są wspólne dla wszystkich położen obiektów w danej dziedzinie. Dziedzina pokryć składa się ze zbioru położen bezpośrednich w przestrzeni współrzędnych, która może być zdefiniowana do trzech wymiarów, jak również w wymiarze czasowym. Przykłady pokryć obejmują rastry, nieregularne siatki trójkątów, pokrycia punktowe oraz pokrycia złożone z wieloboków.

18/ „PN-EN ISO 19125-1:2010 Informacja geograficzna – Środki dostępu do obiektów prostych – Część 1: Wspólna architektura”. Ustalono wspólną spójną strukturę prostych obiektów geometrycznych oraz zdefiniowano pojęcia stosowane w ramach tej struktury. Znormalizowano nazwy i definicje typów geometrycznych. Nie sformułowano wymagań co do



sposobów definiowania typów geometrycznych w schemacie wewnętrznym. Zawarto implementację profilu schematu przestrzennego opisanego w normie EN-ISO 19107. W Załączniku A (informacyjnym) podano współzależność koncepcji wspólnej struktury, zawartych w niniejszej normie, z koncepcjami modelu geometrycznego według EN-ISO 19107.

19/ „PN-EN ISO 19125-2:2010 Informacja geograficzna – Środki dostępu do obiektów prostych – Część 2: Opcja SQL”. Określono schemat w języku SQL wspomagający przechowywanie, odzyskiwanie, zapytania i aktualizację zbiorów prostych obiektów geoprzestrzennych za pomocą pakietu SQL Call Level Interface (SQL/CLI) (według normy ISO/IEC 9075-3:2003). Ustanowiono strukturę dla implementacji tablic obiektów. Zdefiniowano terminy stosowane w ramach tej struktury. Zdefiniowano profil normy EN-ISO 19107 dla obiektów prostych. Opisano zbiór danych typu geometrycznego w języku SQL (*Geometry Type*).

20/ „PN-EN ISO 19128:2010 Informacja geograficzna – Interfejs internetowego serwera map”. Zdefiniowano zachowanie usług, które na podstawie informacji geograficznej dynamicznie tworzą mapy danych odnoszonych przestrzennie. „**Mapa**” stanowi zobrazowanie informacji geograficznej jako obrazu cyfrowego zapisanego w postaci pliku właściwego do wyświetlenia na ekranie monitora. Mapy produkowane przez WMS są dostarczane w formie pliku rastrowego takiego jak PNG, GIF, JPEG, lub rzadziej – w formie wektorowych elementów graficznych SVG czy WebCGM. Mapa nie stanowi danych, dlatego WMS nie może być wykorzystywany jako źródło aktualnych danych o obiektach lub pokryciach terenowych. Zdefiniowano trzy operacje: - GetCapabilities – do pozyskania szczegółowego opisu na temat map oferowanych przez serwer, - GetMap – do pobrania mapy, oraz - GetFeatureInfo – do zapytania serwera o dane obiektów wyświetlonych na mapie. GetCapabilities i GetMap są obligatoryjne, dlatego muszą być zaimplementowane w każdej usłudze WMS. Przyjęto protokół HTTP oraz metodę HTTP GET za podstawowy mechanizm komunikacji pomiędzy klientem i serwerem WMS.

21/ „PN-EN ISO 19133:2007 Informacja geograficzna – Usługi oparte na lokalizacji – Śledzenie i nawigacja”. Opisano typy danych i związanych z nimi działań służących do implementacji usług śledzenia i nawigacji. Niniejsza norma jest przeznaczona do specyfikowania usług sieciowych, jakie mogą być dostępne dla urządzeń bezprzewodowych poprzez aplikacje sieciowe typu *proxy*, nie jest jednak ograniczona wyłącznie do tego środowiska.

22/ „PN-EN ISO 19135:2010 Informacja geograficzna – Procedury rejestracji pozycji informacji geograficznej”. Podano procedury postępowania w toku ustanawiania, utrzymywania i publikowania rejestrów dla unikalnych, jednoznacznych i trwałych identyfikatorów i znaczeń przypisywanych pozycjom rejestrowym informacji geograficznej. Dla osiągnięcia tego celu specyfikuje się te szczegóły informacji, które są niezbędne dla zapewnienia identyfikacji i znaczeń zapisanych pozycji rejestrowych oraz dla zarządzania tą rejestracją.

23/ „PN-EN ISO 19136:2009 Informacja geograficzna – Język znaczników geograficznych GML”. Zdefiniowano język znaczników geograficznych GML (*Generalized Markup Language*) w celu znormalizowanego zapisu XML (*Extensible Markup Language*) dla przestrzennych i nieprzestrzennych właściwości obiektów geograficznych. Język GML określa

składnię schematów XML, mechanizmy i reguły, które wspólnie tworzą podstawę niezależnego systemowo opisu geoprzestrzennych schematów aplikacyjnych. Zapis XML ustanowiony w języku GML jest zgodny z wytycznymi ISO 19118 dla transportowania i składowania informacji geograficznej zamodelowanej zgodnie z wytycznymi modelowania pojęciowego stosowanymi w rodzinie Norm Międzynarodowych ISO 19100.

GML jest uogólnionym językiem znaczników, będącym protoplastą języka HTML (*HyperText Markup Language*). GML jest standardem wykorzystywanym dziś przez większość GIS.

XML to zestandaryzowany elastyczny format tekstowy znaczników opracowany na bazie SGML (*Standard Generalized Markup Language*) z normy ISO 8879:1986. Język ten jest niezależny od platformy, co umożliwia łatwą wymianę dokumentów pomiędzy różnymi systemami i znacząco przyczyniło się do jego popularności. Jest on standardem rekomendowanym oraz specyfikowanym przez organizację W3C (*World Wide Web Consortium*). Ta organizacja zajmuje się ustanawianiem standardów pisania i przesyłu stron WWW, m.in.<sup>24</sup>:

- SVG (*Scalable Vector Graphics*) – ogólny format grafiki wektorowej,
- VoiceXML – język specyfikacji dialogu głosowego człowiek-komputer,
- SMIL/TimeText (*Synchronized Multimedia Integration Language*) – język, przy pomocy którego (wewnątrz XML) będzie można swobodnie zarządzać plikami multimedialnymi i tekstem.

## 1.5. Systemy odwzorowań, układy współrzędnych

Zagadnienie to szeroko omawia literatura geodezyjna i kartograficzna<sup>25</sup>.

### 1.5.1. Rodzaje współrzędnych i odwzorowań kartograficznych

Położenie obiektu przestrzennego możemy opisać za pomocą:

- nazwy geograficznej,
- położenia względnego (topologia),
- współrzędnych lokalnych,
- współrzędnych kartograficznych.

Najodpowiedniejsze do zapisu komputerowego (ze względu na jednoznaczność i możliwość obliczeń metrycznych) są współrzędne kartograficzne. Do wyznaczenia położenia obiektów w mniejszych obszarach stosuje się płaskie współrzędne prostokątne. Do określenia położenia coraz częściej stosuje się satelitarny nawigacyjny system pozycyjny, który podaje współrzędne geograficzne.

24 W3C, <http://www.w3.org/XML/>, dostęp: 29.11.2014.

25 Zob. np.: Osada E., *Geodezyjne układy odniesienia*, seria „Geodezja i Geoinformatyka”, UxLAN, Wrocław 2014; Przewłocki S., *Geomatyka*, PWN, Warszawa 2012; Kosiński W., *Geodezja*, PWN, Warszawa 2012 i inne.

Do celów geodezyjnych i kartograficznych kształt Ziemi opisują elipsoidy, które charakteryzuje różny stopień spłaszczenia (*ellipticity*):

$$F = (a - b) / a$$

gdzie  $a$  – oś dłuższa,  $b$  – krótsza,  $f$  – spłaszczenie.

Na elipsoidach jest definiowany układ współrzędnych geodezyjnych wykorzystywanych do sporządzania map topograficznych.

Przedstawienie punktu z powierzchni elipsoidy na dwuwymiarowej płaszczyźnie mapy wymaga zastosowania transformacji matematycznej, którą jest odwzorowanie kartograficzne.

Transformacja ta ogólnie może być opisana równaniami:

$$X = f_1(j, l) \quad Y = f_2(j, l)$$

gdzie:  $(X, Y)$  - płaskie współrzędne prostokątne, zwane też kartograficznymi,  
 $(j, l)$  - współrzędne geograficzne.

Każde odwzorowanie kartograficzne ma własne równania  $f_1$  i  $f_2$ .

Odwzorowania kartograficzne są dzielone według dwóch podstawowych klasyfikacji. Ponieważ nie jest możliwe rozwinięcie powierzchni Ziemi na mapę bez zniekształceń, konstrukcja odwzorowania pozwala osiągnąć co najwyżej dwa z trzech podstawowych rodzajów wierności odwzorowania:

- 1/ wierność kątowna – kąty na kuli ziemskiej odpowiadają kątom na mapie,
- 2/ wierność powierzchniowa – powierzchnie poszczególnych pól na mapie są proporcjonalne do powierzchni rzeczywistych,
- 3/ wierność odległościowa – zachowane są relacje między odległościami na mapie i w rzeczywistości.

Ze względu na rodzaj użytej do odwzorowania powierzchni wyróżnia się:

- odwzorowania walcowe – obiekty z kuli ziemskiej rzutowane są na powierzchnię przylegającego do niej walca, który następnie rozwija się do postaci mapy,
- odwzorowania stożkowe – obiekty z kuli ziemskiej przenoszone są na stożek nałożony na kulę, południki mają wówczas kształt pęku linii zbiegających się na biegunie.

Odwzorowania stożkowe znacznie różnią się zależnie od tego, czy mają utrzymać wierność kątowną czy wierność powierzchniową odwzorowania.

Ze względu na rodzaj użytej do odwzorowania powierzchni wyróżnia się odwzorowania płaszczyznowe, w których powierzchnia Ziemi rzutowana jest na płaszczyznę styczną z kulą ziemską lub sieczną do niej.

Ze względu na część wspólną powierzchni rzutowanej i płaszczyzny wyróżnia się odwzorowania:

- styczne,
- sieczne.

Ze względu na usytuowanie linii styczności w stosunku do układu równoleżników i południków:

- normalne,
- poprzeczne,
- skośne.

Dodatkowo rozróżnia się odwzorowania ze względu na usytuowanie punktu rzutowania:

- w środku kuli ziemskiej,
- na jej przeciwległym biegunie,
- w nieskończoności.

Wybór odwzorowania kartograficznego powinien być podporządkowany przeznaczeniu mapy. Odwzorowania zapewniające wierność kątów stosuje się do opracowania map topograficznych i nawigacyjnych.

**Odwzorowanie Merkatora** jest odwzorowaniem walcowym równokątnym konformalnym (zachowuje kąty, a więc kształt niewielkich obszarów). Zniekształcenia powierzchni i odległości są tym większe, im dalej od linii styczności (w odwzorowaniu normalnym - od równika). Zachowuje proporcje odległości wzdłuż równika i równoleżników. Okolice bieguna nie są przedstawiane. Zastosowania - mapy nawigacyjne, mapy stref czasowych.

W roku 2000 w Polsce wprowadzono państwowy system odniesień przestrzennych zgodny z zachodnioeuropejskim systemem ETRS (*European Terrestrial Reference System*), będącym częścią światowego systemu ITRS (*International Terrestrial Reference System*). Istotnym elementem systemu ITRS / ETRS jest geometryczno-fizyczny model Ziemi. W sensie fizycznym model opisuje ziemskie pole grawitacyjne, w tym kształt geoidy globalnej oraz ruch obrotowy Ziemi jako planety, natomiast część geometryczna (matematyczna) definiuje parametry geocentrycznej elipsoidy obrotowej, generalizującej kształt geoidy.

Pierwotny model zwany skrótowo GRS80 (*Geodetic Reference System'80*) uległ w latach późniejszych pewnej modyfikacji, przyjmując symboliczną nazwę **WGS-84** (*World Geodetic System 1984*). Ponieważ parametry geometryczne elipsoid dwóch modeli różnią się o nieistotną praktycznie wartość ok. 0,1 mm, więc w praktyce nazwy elipsoid (tak, jak nazwy modeli) przyjmuje się niekiedy wymiennie. Fizyczną realizacją układu współrzędnych (jego powiązania z fizyczną Ziemią) jest układ odniesienia.

Wartości szerokości i długości geograficznej reprezentują położenie punktu na powierzchni Ziemi w postaci współrzędnych  $X$  i  $Y$ . Jeśli szerokość geograficzna ( $Y$ ) jest wartością z zakresu od  $-90$  do  $90$ , a długość geograficzna ( $X$ ) mieści się w przedziale od  $-180$  do  $180$ , to jest to układ WGS-84. Jeżeli wartości szerokości i długości geograficznej są wyrażone w metrach, a przed separatorem dziesiętnym (po jego lewej stronie) znajduje się 6, 7 lub 8 cyfr, to jest to układ Web Mercator.

### 1.5.2. Państwowy system odniesień przestrzennych

Państwowy system odniesień przestrzennych tworzą<sup>26</sup>:

1/ geodezyjne układy odniesienia oznaczone symbolami PL-ETRF2000 i PL-ETRF89, będące matematyczną i fizyczną realizacją europejskiego ziemskiego systemu odniesienia ETRS89,

2/ układy wysokościowe oznaczone symbolami PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH, będące matematyczną i fizyczną realizacją europejskiego ziemskiego systemu wysokościowego EVRS,

3/ układy współrzędnych: geocentrycznych kartezyjskich oznaczone symbolem XYZ, geocentrycznych geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80h oraz geodezyjnych oznaczone symbolem GRS80H,

4/ układy współrzędnych płaskich prostokątnych oznaczone symbolami: PL-LAEA, PL-LCC, PL-UTM, PL-1992 i PL-2000.

Przenoszenie na obszar Polski i konserwacja geodezyjnych układów odniesień<sup>27</sup>:

- PL-ETRF2000 odbywają się przez sieć stacji permanentnych ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS).
- PL-ETRF89 odbywają się przez sieć punktów podstawowej osnowy geodezyjnej za pośrednictwem obserwacji satelitarnych GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*).

Wysokości normalne określa się na podstawie pomiarów geodezyjnych odniesionych do pola grawitacyjnego Ziemi, względem przyjętej powierzchni odniesienia, albo na podstawie pomiarów satelitarnych GNSS, z uwzględnieniem wysokości obowiązującej *quasi*-geoidy nad elipsoidą odniesienia.

Jednym z kryteriów wyboru odwzorowań dla map wielkoskalowych i topograficznych jest wielkość maksymalnych zniekształceń liniowych, istotna zwłaszcza w zakresie map wielkoskalowych. Kompromis w tym względzie z jednej strony, a tradycja w wyborze rodzaju odwzorowania z drugiej strony, doprowadziły formalnie do zdefiniowania dwóch państwowych układów współrzędnych<sup>28</sup> (układów kartograficznych) opartych na odwzorowaniu Gaussa-Krügera (wiernokątne, walcowe, poprzeczne odwzorowanie elipsoidy):

1/ **PL-1992** zwane w skrócie „1992” (dla map małoskalowych, np. topograficznych) – układ współrzędnych płaskich prostokątnych, jednostrefowy dla obszaru Polski; opracowanie geodezyjno-kartograficzne z południkiem środkowym  $Lo=19^\circ$ , skalą podobieństwa  $mo = 0,9993$ , dla map w skalach 1:10.000 i mniejszych. Znaczne zniekształcenia liniowe: od około 70 cm/km na południku środkowym do około 90 cm/km w skrajnych, wschodnich obszarach Polski. GIS opracowywane są często w tym układzie.

26 Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, Dz.U. z 14.11.2012 r., poz. 1247, par. 3.

27 Tamże..., par. 4-5.

28 Nt. układów odniesień zob. szerzej m.in.: Osada E., *Geodezyjne układy odniesienia...*; *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych*, Dz.U. z 14.11.2012 r., poz. 1247.

2/ **PL-2000** (dla map wielkoskalowych, np. mapy zasadniczej) – czterostrefowy dla obszaru Polski; odwzorowanie geodezyjno-kartograficzne elipsoidy GRS80 w pasach 3-stopniowych. Zastosowano skalę podobieństwa  $m_0 = 0,999923$ , która oznacza kompromisowe rozłożenie zniekształceń liniowych, od 7,3 cm/km na południku środkowym strefy do maksymalnie około 7 cm/km na brzegu strefy. Wykazuje podobieństwa do „1942” – inna elipsoida odniesienia i dodatkowa skala podobieństwa.

Układ współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992 jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów na elipsoidzie odniesienia GRS80 odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania Gaussa-Krügera. Obszar Polski obejmuje jeden pas południkowy układu współrzędnych PL-1992 o rozciągłości od 14°00'E do 24°30'E i południku osiowym 19°E. Obowiązuje na obszarze całego kraju<sup>29</sup>.

Układ współrzędnych płaskich prostokątnych PL-2000 jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów na elipsoidzie odniesienia GRS80 odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania Gaussa-Krügera. Obszar Polski obejmują cztery pasy południkowe układu współrzędnych PL-2000 o rozciągłości równej 3° długości geodezyjnej każdy, o południkach osiowych: 15°E, 18°E, 21°E i 24°E, oznaczane odpowiednio numerami: 5, 6, 7 i 8. Obowiązuje na obszarze całego kraju<sup>30</sup>.

Względnie nowym układem współrzędnych jest uniwersalne poprzeczne odwzorowanie Mercatora UTM (*Universal Transverse Mercator Projection*) stosowane na świecie do celów nawigacyjnych i wojskowych. Jest to odwzorowanie Gaussa-Krügera w pasach 6-stopniowych, ze skalą podobieństwa na południku środkowym  $m_0 = 0,9996$  (zniekształcenie na tym południku wynosi 40 cm/km). Odwzorowanie UTM zostało wprowadzone pierwotnie na elipsoidzie Hayforda, obecnie zaś zarówno w zastosowaniach cywilnych jak też wojskowych obowiązuje elipsoida WGS-84.

Układ współrzędnych płaskich prostokątnych **PL-UTM** jest utworzony na podstawie matematycznie jednoznacznego przyporządkowania punktów na elipsoidzie odniesienia GRS80 odpowiednim punktom na płaszczyźnie według teorii odwzorowania poprzecznego Merkatora. Obszar Polski obejmują trzy pasy południkowe układu współrzędnych PL-UTM o rozciągłości równej 6° długości geodezyjnej każdy, o południkach osiowych: 15°E, 21°E i 27°E, oznaczane odpowiednio numerami: 33, 34 i 35. Stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych, w pracach hydrograficznych na akwenach morskich na potrzeby wydawania map morskich oraz w systemach informacji o terenie, mających znaczenie dla obronności i bezpieczeństwa państwa<sup>31</sup>.

Przykłady starszych układów współrzędnych:

- Układ „1942” z podsystemami: z podziałem na południowe pasy co 6° (dla map średnio- i małoskalowych) i co 3° (dla map wielkoskalowych) W oparciu o odwzorowanie 6K elipsoidy Krasowskiego.

29 Tamże..., par. 11, załącznik 4.

30 Tamże..., par. 13, załącznik 4.

31 Tamże..., par. 12, załącznik 4.

- Układ „1965” – 5-cio strefowy głowie do tworzenia i eksploatacji mapy zasadniczej (wielkoskalowej). W oparciu o odwzorowanie *quasi*-stereograficzne 1-4 oraz Gaussa-Krügera.

Całkowite przejście z układu dotychczasowego „1965” związanego z elipsoidą Krasowskiego, na nowe układy odwzorowawcze miało nastąpić do roku 2009. Z tym związane są i będą problemy przeliczeń transformacji współrzędnych pomiędzy różnymi układami.

Zestawienie porównawcze najczęściej obecnie stosowanych w Polsce układów współrzędnych płaskich zawiera tabela 1.

**Tabela 1.** Porównanie parametrów technicznych układu współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992, PL-2000, PL-UTM

	PL-1992	PL-2000	PL-UTM
<b>Zastosowanie</b>	Układ stosowany w opracowaniach kartograficznych w skali 1:10.000 i mniejszej, większej jednak od 1:500.000	Układ stosowany w pracach geodezyjnych i opracowaniach kartograficznych w skali większej od 1:10.000	Stosowany w opracowaniach kartograficznych w skalach nie większych niż 1:10.000
<b>Typ odwzorowania</b>	Odwzorowanie walcowe poprzeczne wiernokątne Gaussa-Krügera	Odwzorowanie walcowe poprzeczne wiernokątne Gaussa-Krügera	Odwzorowanie walcowe poprzeczne równokątne Merkatora
<b>Układ współrzędnych</b>	GRS80H	GRS80H	GRS80H
<b>Współczynnik skali w południku osiowym</b>	0,9993	0,999923	0,9996
<b>Szerokość strefy odwzorowawczej</b>	10°30' długości geodezyjnej	3° długości wschodniej	6° długości geodezyjnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych*, załącznik 1, Dz.U. z 14.11.2012 r., poz. 1247.

### 1.5.3. Stosowanie państwowego systemu odniesień przestrzennych

Państwowy system odniesień przestrzennych stosuje się w pracach geodezyjnych i kartograficznych oraz przy tworzeniu zbiorów danych przestrzennych przez organy władzy publicznej, przy czym<sup>32</sup>:

- 1/ układ współrzędnych PL-LAEA stosuje się na potrzeby analiz przestrzennych i sprawozdawczości na poziomie ogólnoeuropejskim,
- 2/ układ współrzędnych PL-LCC stosuje się na potrzeby wydawania map w skali 1:500.000 i w mniejszych skalach,

32 Tamże..., par. 15.

3/ układ współrzędnych PL-UTM stosuje się na potrzeby wydawania standardowych opracowań kartograficznych w skalach od 1:10.000 do 1:250.000, wydawania map morskich oraz wydawania innych map przeznaczonych na potrzeby bezpieczeństwa i obronności państwa,

4/ układ współrzędnych PL-2000 stosuje się na potrzeby wykonywania map w skalach większych od 1:10.000 – w szczególności mapy ewidencyjnej i mapy zasadniczej.

Inne niż wymienione układy odniesienia, układy wysokościowe lub układy współrzędnych mogą być stosowane w pracach geodezyjnych i kartograficznych, pracach hydrograficznych na akwenach morskich, a także przy tworzeniu zbiorów danych przestrzennych, będących przedmiotem umów międzynarodowych, których Polska jest sygnatariuszem.

Osie układów współrzędnych płaskich prostokątnych oznacza się literami: oś północną – literą *x*, a oś wschodnią – literą *y*. Przy czym za wartością współrzędnej *x* dodaje się literę *N* (*North*), a za wartością współrzędnej *y* dodaje się literę *E* (*East*)<sup>33</sup>.

Graficzną prezentacją współrzędnych na opracowaniach kartograficznych są siatki odniesienia, odpowiednio<sup>34</sup>:

- siatka kartograficzna – dla współrzędnych geodezyjnych,
- siatka kilometrowa – dla współrzędnych płaskich prostokątnych.

Siatka kilometrowa otrzymuje nazwę od układu współrzędnych, dla którego została obliczona, przy czym:

- początek siatki pokrywa się z początkiem układu współrzędnych płaskich prostokątnych;
- linie siatki biegną z południa na północ i z zachodu na wschód;
- punktem odniesienia komórki siatki jest dolny lewy narożnik komórki siatki.

Obowiązującą rozdzielczość siatki kilometrowej w zależności od skali mapy prezentuje tabela 2.

**Tabela 2.** Rozdzielczość siatki kilometrowej w zależności od skali mapy

Skala mapy	Odstępy linii siatki
1:1.000.000	co 100.000.000 (dopuszczalne co 10.000 m)
1:500.000, 1:250.000	co 10.000 m
1:100.000	co 1000 m (dopuszczalne co 10.000 m)
1:50.000, 1:25.000	co 1000 m
1:10.000, 1:5.000	co 1000 m (dopuszczalne co 100 m)
1:2000, 1:1000, 1:500	co 100 m

Źródło: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, załącznik 4...

33 Tamże..., par. 16.

34 Tamże..., par.17.



### 1.5.4. Metody transformacji układów kartograficznych

Do przeliczania map na inne układy kartograficzne stosuje się takie metody transformacji, jak<sup>35</sup>:

1/ Metoda dostosowania (ortogonalna – Helmerta) – stosuje się na niewielkich obszarach, gdy nie jest znany charakter odwzorowań. Do ich wykonania potrzeba jest kilku punktów łącznych (co najmniej 2), dla których znane są współrzędne w układzie pierwotnym i układzie wtórnym. Transformacje tego typu można geometrycznie zinterpretować w ten sposób, że zespół punktów układu pierwotnego zostaje skręcony o pewien kąt, a wszystkie długości zostają wydłużone lub skrócone w pewnym stałym stosunku.

2/ Transformacją afiniczną współrzędnych  $X', Y'$  układu pierwotnego na współrzędne  $X'', Y''$  układu wtórnego określa się przekształcenie oparte na założeniu, że współrzędne jednego układu są ogólnymi funkcjami liniowymi współrzędnych drugiego układu:

$$X'' = A_0 + A_1 X' + A_2 Y' \quad Y'' = B_0 + B_1 X' + B_2 Y'$$

Wymaga minimum trzech, nie leżących na jednej prostej, punktów łącznych. Sens jej stosowania dotyczy pozyskiwania danych z materiałów analogowych, jak mapy, zdjęcia itp. Związki liniowe pomiędzy dwoma układami pozwalają bowiem na uwzględnienie różnej zmiany skali w dwóch kierunkach, co pozwala np. wyeliminować liniowy skurcz materiałów kartograficznych.

3/ Transformacja biliniowa – model, w którym współrzędna w nowym układzie wynika z zależności przedstawionej poniżej. Minimalna liczba potrzebnych punktów, aby rozwiązać układ równań wynosi 4. Transformacja ma szczególne znaczenie ze względu na przekształcanie czworokąta w czworokąt, co znakomicie nadaje się do transformacji „fragmentami”.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_3 & a_2 & a_1 & a_0 \\ b_3 & b_2 & b_1 & b_0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} xy \\ x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

## 1.6. Georeferencja

**Georeferencja** oznacza odniesienie rastrów do powierzchni ziemi. **Odniesienie do Ziemi** polega na przypisaniu współrzędnych kartograficznych do danych obrazowych. Transformacja obejmuje również odniesienie danych do powierzchni

35 Woźniak J. Wykłady z geodezji, Zakład Geodezji i Geoinformatyki, Politechnika Wrocławska, 2012/2013.

Ziemi, ponieważ wszystkie rodzaje odwzorowań mapy są związane z jakimś układem współrzędnych. Odniesienie do Ziemi obejmuje jedynie zmianę informacji związanej z układem współrzędnych mapy w pliku obrazu. Siatka pikseli obrazu nie ulega zmianie. **Rejestracja obrazów** polega na dopasowaniu jednego obrazu do drugiego tak, aby obrazy danego obszaru, pozyskane z różnych źródeł mogły być wykorzystywane łącznie.

#### Etapy rejestracji:

- 1/ lokalizacja terenowych punktów kontrolnych,
- 2/ obliczenie i testowanie macierzy transformacji,
- 3/ tworzenie wyjściowego pliku obrazu z nowymi informacjami o współrzędnych zapisanymi w nagłówku lub osobnym pliku.

**Terenowe punkty kontrolne** (*Ground Control Points* – GCP) są to określone piksele mapy wyjściowej, dla których znane są:

- współrzędne źródłowe (pliku danych transformowanego obrazu),
- współrzędne odniesienia (układu, do którego obraz jest transformowany).

**Stopień transformacji** zależy m. in. od zniekształceń obrazu, liczby punktów kontrolnych, a także możliwości dostępnego oprogramowania. Zazwyczaj stosuje się transformacje pierwszego i drugiego stopnia.

Na podstawie GCP, z wykorzystaniem metody **regresji najmniejszych kwadratów**, obliczana jest **macierz transformacji**, składająca się ze współczynników, które wchodzi do równań wielomianowych służących do przeliczenia współrzędnych.

**Transformacja pierwszego stopnia** jest transformacją liniową. Umożliwia zmianę:

- położenia,
- skali,
- skrętu.

**Georeferencja rastra mapy.** Macierz transformacji pierwszego stopnia składa się z sześciu współczynników:

$$\begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{matrix}$$

które są używane w równaniach wielomianu pierwszego stopnia:

$$x_0 = b_1 + b_2 x_1 + b_3 y_1 \quad y_0 = a_1 + a_2 x_1 + a_3 y_1$$

gdzie:

$x_i, y_i$  – współrzędne źródłowe,

$x_0, y_0$  – współrzędne wyjściowe.

**Rektyfikacja** polega na przeniesieniu danych z jednego układu współrzędnych do innego układu z wykorzystaniem wielomianów  $n$ -tego stopnia. Ponieważ piksele w nowym układzie współrzędnych mogą nie odpowiadać pikselom w układzie oryginalnym, muszą być poddane ponownemu próbkowaniu (*resampling*). Ponowne próbkowanie jest procesem polegającym na ekstrapolacji wartości danych pikseli w nowym układzie współrzędnych w oparciu o wartości pikseli źródłowych.

**Metody interpolacji** wykorzystywane w procesie rektyfikacji:

- najbliższego sąsiedztwa (do przypisania nowej wartości pikselowi wyjściowemu wykorzystywana jest wartość piksela najbliższego w stosunku do niego położonego),
- interpolacji bilinearnej (do obliczenia wartości wyjściowej za pomocą funkcji bilinearnej wykorzystuje się wartości pliku danych z okna o wymiarach 2 x 2 piksele),
- splotu sześciennego (do obliczenia wartości wyjściowej za pomocą funkcji sześciennego wykorzystuje się wartości szesnastu pikseli z okna o wymiarach 4 x 4 piksele).

## 1.7. Geokodowanie

Inaczej dopasowywanie adresów - to proces tworzenia przestrzennej reprezentacji miejsca na podstawie nieprzestrzennego opisu tego miejsca, np. adresu.

**Adres** (*address*) to informacja o lokalizacji nieruchomości na podstawie danych adresowych, zazwyczaj nazwy miejscowości, nazwy ulicy, numeru budynku i kodu pocztowego<sup>36</sup>. **Współrzędne punktu adresowego** (*coordinates of address point*) to para współrzędnych (geograficznych lub geodezyjnych), które pozwolą na lokalizację adresu w przestrzeni. **Współrzędne geodezyjne** (*geodetic coordinates*) – para współrzędnych sferycznych zwanych szerokością i długością geograficzną geodezyjną (lub krócej szerokością i długością geodezyjną) określająca położenie punktu *P* na elipsoidzie odniesienia w układzie współrzędnych zdefiniowanym przez oś obrotu tej elipsoidy, płaszczyznę jej równika oraz umownie przyjętą płaszczyznę południka zerowego. **Współrzędne geograficzne** (*astronomic coordinates*), para współrzędnych sferycznych zwanych szerokością i długością geograficzną astronomiczną (lub krócej szerokością i długością astronomiczną), odniesiona do układu współrzędnych zdefiniowanego przez oś obrotu Ziemi, płaszczyznę równika ziemskiego oraz umownie przyjętą płaszczyznę południka zerowego<sup>37</sup>.

**Punkt adresowy** (*address point*) – punkt opisany przez numer porządkowy oraz parę współrzędnych *X*, *Y* określającą położenie punktu adresowego w przestrzeni. Do 2012 roku obowiązywała definicja „punkt, w którym wstawiony jest numer adresowy na mapie, najczęściej jest to centroida obrysu budynku”<sup>38</sup>.

**Usługi geokodowania** określają proces konwersji nieprzestrzennego opisu w przestrzenny. Usługa geokodowania zarządza standaryzacją alfanumerycznych opisów miejsc oraz dopasowuje je do danych przestrzennych i tworzy ich reprezentację geometryczną.

**Etapy geokodowania:**

- 1/ pozyskanie danych referencyjnych,
- 2/ standaryzacja adresów / określenie stylu adresu,
- 3/ przeszukiwanie danych i ustalenie najlepiej dopasowanych lokalizacji.

36 Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 9 stycznia 2012 r. w sprawie ewidencji miejscowości, ulic i adresów, Dz.U. z 2012 r. poz. 125.

37 Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej...

38 Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 9 stycznia 2012 r. w sprawie ewidencji...

W GIS usługi geokodowania służą m.in. do:

- znajdowania poszczególnych adresów,
- odniesienia całych tabel adresowych.

Narzędzia informatyczne wspomagają:

- definiowanie usług geokodowania,
- dodawanie i usuwanie usług geokodowania.

Przykłady wykorzystania adresów i geokodowania:

- geokodowanie zwraca współrzędne lub potwierdza adres,
- narzędzia trasowania ścieżki i inne analizy wykorzystują adresy do lokalizowania źródła celu przemieszczenia,
- adresy wykorzystywane są do celów dostarczania poczty lub innych przesyłek (logistyka),
- agregowanie informacji związanych z adresem dla celów spisów statystycznych czy wyborczych.

W analizach przestrzennych najczęściej występują dwie kategorie sieci: transportowe i infrastruktury. W **sieci infrastruktury** przepływ mediów ma określony kierunek: od zasilania do odbiorcy. W sieci transportowej przemieszczają się „wolne” pojazdy.

Przykładowe zadania modelowania sieci infrastruktury:

- ustalenie kierunku przepływu mediów,
- znajdowanie fragmentu sieci zasilającego dany punkt,
- zamknięcie zaworów i przełączników, aby przekserować strumień,
- identyfikacja niepołączonych fragmentów sieci,
- znajdowanie urządzeń obsługujących wskazaną grupę odbiorców.

**Sieć geometryczna** – zbiór obiektów przestrzennych uczestniczących w systemie liniowym. Jest ona związana z siecią logiczną – czystym grafem sieci składającym się z segmentów i węzłów.

**Sieć logiczna** – zbiór połączonych segmentów i węzłów. Sieć logiczna nie ma współrzędnych.

Sieć geometryczna jest zawsze związana z siecią logiczną. Elementy sieci logicznej są automatycznie aktualizowane, gdy edytuje się sieć geometryczną.

Dla klas obiektów sieci geometrycznej można:

- zdefiniować podtypy,
- zdefiniować domeny wartości,
- zastosować wartości domyślne,
- zdefiniować zasady przyjmowania wartości w przypadkach dzielenia i łączenia obiektów,
- określić relacje między obiektami sieci i innymi klasami obiektów.

Zalety modelu sieci geometrycznej:

- łatwość edycji (zapewnienie prawidłowej struktury – zgodności z regułami modelowania),
- możliwość reprezentowania złożonych elementów sieci (uproszczenie edycji, łatwiejsze przeglądanie całości),

- dostępne liczne, proste i złożone analizy wbudowane w oprogramowanie GIS,
- możliwość wersjonowania sieci.

Przykłady aplikacji wykorzystujących model sieci geometrycznej:

- w logistyce – synchronizowanie rozkładów jazdy w transporcie multimodalnym,
- lokalizacja miejsca i przyczyn awarii zasilania na podstawie telefonicznych zgłoszeń klientów,
- śledzenie przepływu zanieczyszczeń na podstawie monitoringu stanu wody,
- planowanie rozbudowy sieci dróg i autostrad na podstawie pomiarów ruchu i modelowania,
- planowanie optymalnych tras autobusów szkolnych,
- znajdowanie najkrótszych tras dojazdu przez kierowców wykorzystujących systemy map z GPS,
- znajdowanie optymalnych lokalizacji usług na podstawie analizy rozmieszczenia klientów i obiektów konkurencyjnych.

Obiekty sieci mają wyspecjalizowane zachowania, które przestrzegają zasad łączności i automatycznie aktualizują elementy sieci. Narzędzia dynamicznej segmentacji łączą bazy danych w formacie *route-measure* z istniejącymi obiektami liniowymi. Dynamiczna segmentacja umożliwia przypisanie wielu zbiorów atrybutów do każdego segmentu obiektu liniowego bez zmiany opisu obiektu: tj. dołączanie atrybutów do obiektów liniowych w systemie *route-measure*, ich składowanie, przetwarzanie, analizowanie i wyświetlanie, bez potrzeby dzielenia linii przy pomocy *pseudo-nodów*.

**Trasa** (*route*) jest liniowym obiektem zdefiniowanym jako zbiór odcinków (segmentów) sieci, z określoną miarą. Z trasami związane są **miary** (*measures*), które pozwalają na lokalizację zjawisk (zgodnie z pomierzoną pozycją wzdłuż obiektu liniowego, którego dotyczą). Atrybuty związane z trasą są nazywane **zdarzenia** (*events*).

## 1.8. Topologia

Jest to procedura jasnego zdefiniowania związków przestrzennych. Różne typy związków przestrzennych są wyrażane jako listy obiektów (np. obszar jest zdefiniowany przez linie składające się na jego granice (obwód)). Topologia pozwala na bardziej skuteczne przechowywanie i przetwarzanie danych oraz ułatwia użycie funkcji analitycznych (modelowanie przepływu przez łączące się linie, łączenie przylegających obszarów o tych samych charakterystykach, stwierdzenie przylegania obiektów lub nakładanie (*overlaying*) zjawisk geograficznych).

W modelu topologicznym elementarnym stosowane są trzy zapisy powiązań:

- topologia węzłów,
- topologia wektorów,
- topologia obszarów.

W skład systemu geometrii ArcInfo wchodzi zbiór operatorów boolowskich (*Boolean*) sprawdzających zależności przestrzenne między geometrią bazową i porównywaną. Te operatory mogą być stosowane do punktów, wielopunktów, wielolinii i poligonów (obszarów). **Geometria bazowa** jest obiektem wywołującym operator. **Geometria porównywana** jest geometrią wyrażaną jako parametr w operatorze. Wynik operatora związku jest zwracany jako wartość *Boolean*. Nie powstaje przy tym nowa geometria.

Między obu geometriami zachodzą następujące zależności:

1/ Wszystkie punkty tworzące geometrię bazową i porównywaną muszą mieć identyczne wartości współrzędnych, żeby obie geometrie były sobie równe. Porównywane geometrie muszą mieć te same wymiary.

2/ Geometria bazowa zawiera geometrię porównywaną, jeśli geometria porównywana jest jej podzbiorem. Geometria nie może zawierać geometrii wyższego wymiaru.

3/ Geometria bazowa jest wewnątrz geometrii porównywanej, jeśli jest jej podzbiorem. Geometria nie może być wewnątrz geometrii niższego wymiaru.

4/ Geometria bazowa przechodzi przez geometrię porównywaną, jeśli obie geometrie przecinają się w geometrii o niższym wymiarze niż najwyższy wymiar.

5/ Geometria bazowa i geometria porównywana są rozłączne, jeśli nie mają wspólnych punktów.

6/ Geometria bazowa zachodzi na geometrię porównywaną, jeśli ich przecięcie jest geometrią tego samego wymiaru. Relacja zachodzenia wymaga, aby obie geometrie były tego samego wymiaru.

7/ Obie geometrie dotykają się, gdy tylko ich granice przecinają się.

System geometryczny dostarcza zbiór operatorów, które zwracają geometrie bazujące na logicznych porównaniach między zbiorami punktów w jednej lub więcej geometriach. Operatory te wspomagają edycję obiektów geograficznych, które zachodzą na siebie. W literaturze GIS są one określane czasem jako **przestrzenne operatory topologiczne**.

Topologia w edycji wykorzystuje 3 typy parametrów:

- reguły,
- rangi,
- tolerancja skupiania.

Obsługuje również warstwę obiektów obejmującą:

- obszary zawierające błędy,
- błędy,
- wyjątki.

Reguły określają dopuszczalne powiązania przestrzenne między obiektami mogą dotyczyć powiązań:

- wewnątrz jednej klasy obiektów,
- obiektów z różnych klas,
- między podtypami obiektów.

Wstępna kontrola dotyczy wszystkich obiektów w odniesieniu do wszystkich powiązań. Kolejne kontrole wykonywane są tylko na warstwach wadliwych („obszarach zawierających błędy”).

Tolerancja skupiania określa m.in.:

- jak blisko siebie mogą się znajdować wierzchołki obiektów tak, aby były rozdzielone,
- o jaką odległość obiekty mogą być przesunięte w trakcie oceniania topologii.

Rangi kontrolują, które obiekty podczas oceniania topologii mogą być dociągnięte do innych obiektów.

Umieszczenie wierzchołków o równej randze, znajdujących się w zakresie tolerancji skupiania, jest uśredniane.

Obszary zawierające błędy („brudne obszary”) są tworzone w przypadkach:

- tworzenia lub usuwania obiektu,
- modyfikowania geometrii obiektu,
- zmiana podtypu obiektu,
- uzgadnianie wersji,
- modyfikacja własności topologii.

Niektóre „błędy” (obiekty naruszające reguły topologii) mogą zostać zaakceptowane i oznaczone jako „wyjątki”.

## 1.9. Źródła i metody akwizycji danych przestrzennych

Pozyskiwanie danych przestrzennych w GIS (akwizycja) może odbywać się na wiele sposobów, np.:

- digitalizacja map, planów,
- pomiary terenowe GPS, za pomocą tachimetrów elektronicznych,
- fotogrametria cyfrowa,
- teledetekcja, teledetekcja satelitarna,
- skaning laserowy, skanery 3D,
- GNSS i inne.

Perspektywiczne jest wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych do celów GIS.

Metody pozyskiwania danych wysokościowych:

- metoda bezpośredniego pomiaru terenowego (tachimetria elektroniczna albo techniki GPS),
- metoda kartograficzną (poprzez przetwarzanie istniejących opracowań mapowych),
- metoda fotogrametryczna (poprzez opracowanie zdjęć lotniczych lub obrazów satelitarnych),
- LiDar – lotniczy skaning laserowy,
- InSAR – metoda interferometrii radarowej.

Dzięki tym metodom GIS zapewnia szybki dostęp do aktualnej informacji, niezbędnej do podejmowania trafnych decyzji.

### 1.9.1. Pozyskiwanie danych z bezałogowych systemów powietrznych

Do przygotowania zdjęć lotniczych, ortofotomap i numerycznych modeli pokrycia terenu (NMPT) wykorzystuje się małe samoloty bezpilotowe, których praca jest zautomatyzowana (rysunek 2a, 2b). Są to drony, platformy latające, autonomiczne multicopterzy uzbrojone w sztuczną inteligencję do rozpoznawania otoczenia i przeszkód (np. wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego). Start jest automatyczny lub z wyrzutni. Lądowanie jest automatyczne, półautomatyczne lub na spadochronie. Przy sterowaniu z stacji naziemnej zasięg komunikacji radiowej wynosi około 10 km. Kadłuby wykonuje się najczęściej z kompozytów węglowo-kewlarowych. Jako napędy są stosowane najczęściej silniki elektryczne zasilane bateriami akumulatorowymi (długość lotu około 2 h). Drony do wykonywania zdjęć i map są często wyposażone w oprogramowanie do geotagowania zdjęć (wstawianie do pliku znaczników z informacją o współrzędnych geograficznych miejsca wykonania zdjęcia) oraz do postprocessingu (np. pakiet Pix4D Mapper). Postprocessing to nie tylko cyfrowa obróbka zdjęć (w fotografii), ale także poprawienie surowych wyników obserwacji w oparciu o dane, pochodzące ze stacji referencyjnych. Pozwala to uzyskać dokładność pomiarów na poziomie centymetrów (np. przy użyciu danych z serwisu POZGEO D, pozyskanych z systemu ASG-EUPOS).

Najwięksi producenci dronów (w tym do celów militarnych) to: Boeing Company, General Atomics, Lockheed Martin Corporation, Northrop Grumman, AeroVironment, Inc., Prox Dynamics AS, Denel Dynamics, SAIC, Israel Aerospace Industries, Textron Inc., General Dynamics Corporation, DJI. W Polsce drony produkują takie firmy, jak np. FlyTech Solutions, WB Electronics i inne. Polscy naukowcy opracowują zaawansowane technologie w tym zakresie, np. współpraca badaczy z Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Politechniki Rzeszowskiej zaowocowały prototypem niewykrywalnego i cichego dronu, który jest napędzany wodorem, a efektem kilkuletnich prac inżynierów z Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych jest mały, o dobrych parametrach dron Pszczoła. Na korzyść dronów produkowanych w Polsce przemawia także dobry stosunek ich parametrów technicznych i jakości do ceny.

**Rysunek 2.** a) Pteryx UAV fotomapujący samolot bezałogowy, producent Trigger Composites, b) dron do zdjęć lotniczych, producent Hopgrove (GB)



Źródło: Pteryx, <http://www.pteryx.eu/Pteryx-UAV.php>, dostęp: 20.11.2014; Hopgrove <http://www.hopgrove.com/about-us>, dostęp: 22.11.2014.



**Bezzałogowe systemy powietrzne** (BSP) mogą wykonywać mapy liniowe (o długości nawet 80 km) lub powierzchniowe (do 10 km<sup>2</sup>). Przygotowane przy ich wykorzystaniu ortofotomapy (OFM) i NMPT mają szerokie zastosowanie w administracji samorządowej i centralnej (klasyfikacja użytków rolnych, kontrola inwestycji), przy zarządzaniu pracami budowlanymi (w tym infrastruktura drogowa i kolejowa), precyzyjnym rolnictwie (klasyfikacja gruntów), bezpieczeństwie hydrologicznym (stan wałów przeciwpowodziowych, analiza terenów zalewowych), redukcji szkód klęsk żywiołowych i łowieckich oraz w przemyśle wydobywczym (obliczanie hałd i wyrobisk).

Specjalistyczne zastosowania dronów do pozyskiwania danych to inspekcja<sup>39</sup>:

- turbin wiatrowych,
- budynków,
- sieci energetycznych,
- obiektów infrastruktury krytycznej,
- dachów, w tym dachów obiektów przemysłowych,
- obiektów (budynków) historycznych.

### 1.9.2. Teledetekcja

Jest to dział nauk technicznych zajmujący się pozyskiwaniem, przetwarzaniem i interpretowaniem danych będących wynikiem rejestracji promieniowania elektromagnetycznego odbitego lub emitowanego przez różnego rodzaju obiekty. Teledetekcja dostarcza informacji o cechach jakościowych obiektu (w przeciwieństwie do fotogrametrii, która dostarcza informacji dotyczących cech ilościowych). Teledetekcja polega na zdalnym przekazie obrazowań cyfrowych oraz ich interpretacji z pokładów samolotów lub satelitów, jak również ze stanowisk stałych.

U podstaw teledetekcji leży założenie, iż charakterystyki odbicia promieniowania (krzywe spektralne) poszczególnych badanych obiektów wykazują różnice wystarczające, by dokonać ich rozróżnienia. W związku z tym wyróżniamy grupy metod pozyskiwania danych:

- pasywne – używają naturalnych źródeł promieniowania elektromagnetycznego takich jak słońce, powierzchnia ziemi i czy atmosfera.
- aktywne – wykorzystują sztuczne źródła promieniowania elektromagnetycznego, takiej jak lasery, radary. Emitują one fale o określonej długości, zaś detektory rejestrują promieniowanie rozproszone, odbite wstecznie.

Rejestracji dokonuje się przyrządami przenoszonymi przez satelity lub samoloty. Pomiaru takie pozwalają wnioskować o istocie i rodzaju terenu oraz zachodzących na nim zjawiskach, lub też badać stan mórz i oceanów.

---

39 Aerial Drone Inspections and Surveys, <http://www.hopgrove.com/aerial-drone-inspections>, dostęp: 22.11.2014.

### 1.9.3. Skaniny laserowy, chmury punktów

Jest to metoda obrazowania powierzchni terenu, polegajacą na pomiarze odlegosci między obiektem objętym pomiarem a urzadzaniem (skanerem), zainstalowanym na statku powietrznym, na samochodzie lub na stanowisku stacjonarnym, emitujacym i odbierajacym impulsy laserowe odbite od tego obiektu, z jednoczesnym wyznaczaniem wspolrzędnych przestrzennych ( $X, Y, Z$ ), okreslajacych polozenie tego urzadzania w przestrzeni, oraz kierunku promienia laserowego w momencie wyslania impulsu<sup>40</sup>.

Skaniny laserowy (*Light Detection and Ranging* – LiDar) dzielimy na:

1/ naziemny:

- pomiar statyczny – TLS (*Terrestrial Laser Scanning*), pełna integracja z kamera cyfrowa, niezaleznosc pomiaru od pory dnia i roku, zastosowanie do pomiaru budynków, obiektów mostowych i tunelowych oraz infrastruktury energetycznej i technicznej, wysoka dokladnosc,
- pomiar mobilny – MLS (wysokie tempo pomiaru, pomiar w trybie 3D, zasieg do 300 m, wysoka czestotliwosc pomiaru, pełna synchronizacja pomiaru z GPS/IMU, mozliwe zastosowanie lokomotywy baidz drezyny jako platformy, gestosc linii skanowania zalezna od predkosci),

2/ lotniczy – ALS,

3/ satelitarny – SLS.

Skaniny laserowy jest jedna z metod pozyskiwania danych do budowy NMT. Polega na pomiarze odlegosci pomiedzy aparatura pomiarowa znajdujaca sie na pokladzie samolotow a punktami terenowymi. Jezeli gestosc terenowych punktow pomiarowych jest tak duza, ze ich srednia odleglosc wynosi okolo metra do kilku metrow, to w efekcie uzyskuje sie przestrzenna reprezentacje powierzchni terenu. Charakteryzuje sie wysoka dokladnoscia wysokoosciowa danych pomiarowych (nawet 5-10 cm).

Podstawowe segmenty lotniczego skaniny laserowego:

1/ segment pokladowy:

- dalmierz laserowy LRF (*Laser Range Finder*),
- system pozycjonowania trajektorii lotu oparty na GPS (*Global Positioning System*),
- inercjalny system nawigacyjny INS (*Inertial Navigation System*),
- kamera wideo,
- blok rejestracji danych,
- system planowania i zarzadzania lotem,

2/ segment naziemny:

- naziemna, referencyjna stacja GPS,
- stacja robocza do obróbki i przetwarzania danych i generowania wynikowego NMT (tryb *off-line*).

---

<sup>40</sup> Rozporzadzenie Ministra Spraw Wewnetrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardow technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarow sytuacyjnych i wysokoosciowych oraz opracowywania i przekazywania wynikow tych pomiarow do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego, Dz.U. 2011 nr 263 poz. 1572.

Zalety lotniczego skaningu laserowego:

- duża gęstość danych,
- bardzo wysoka dokładność pomiaru wysokościowego,
- niezależność od warunków oświetleniowych (skaner laserowy jest systemem aktywnym – ma własne źródło „oświetlenia”) i częściowo pogodowych, (obrazowanie jest możliwe nawet przy pełnym zachmurzeniu, o ile podstawa chmur jest wyższa od wysokości lotu; przeszkodę mogą stanowić silny deszcz i mgła, które ograniczają penetrację promienia laserowego),
- penetracja roślinności (przy dużej gęstości próbkowania w procesie obróbki danych można odróżnić i wyeliminować odbicia od koron drzew od odbić od gruntu,
- możliwość rejestracji kilku odbić („ech”) pojedynczego impulsu laserowego,
- możliwość rejestracji intensywności odbitego impulsu,
- możliwość pomiaru obiektów o złożonej strukturze.

Ograniczenia lotniczego skaningu laserowego:

- brak odbić od powierzchni wody, co utrudnia lokalizację linii brzegowej,
- trudności określenia linii szkieletowych i linii nieciągłości terenu,
- stosunkowo wysoki koszt dla małych obszarów.

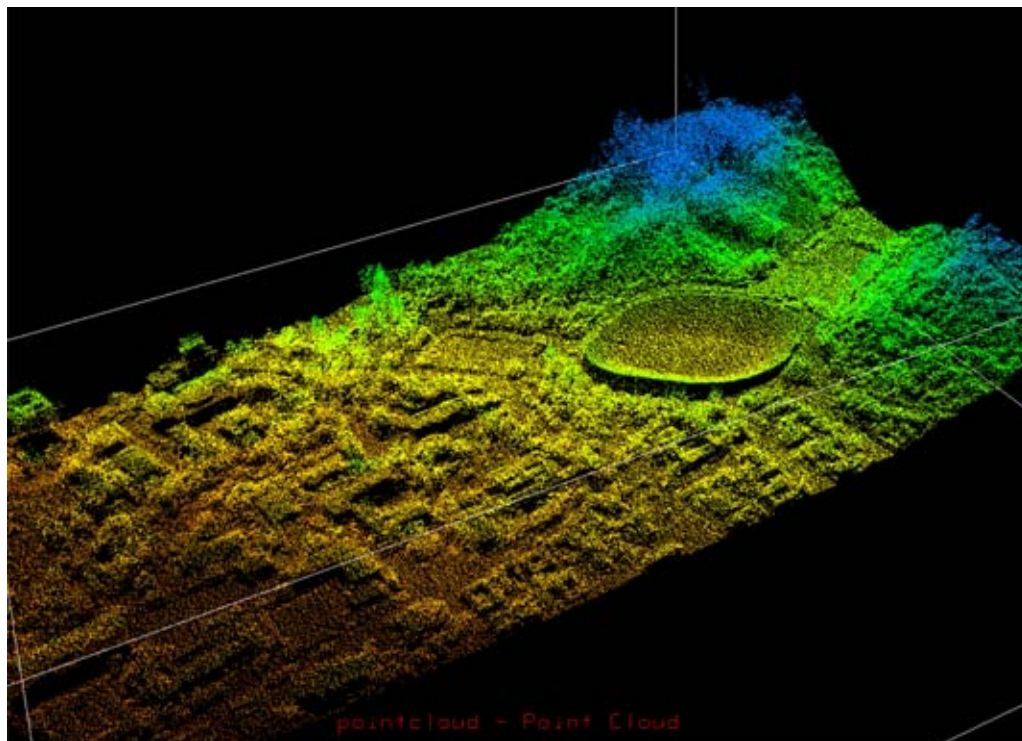
Przykłady zastosowań:

- budowa precyzyjnego NMT dla różnych potrzeb,
- pomiar wysokości szaty roślinnej,
- opracowanie wysokościowe morskiej strefy brzegowej,
- opracowanie wysokościowe obszarów zagrożonych powodzią,
- inwentaryzacja obszarów zagrożonych erozją i lawinami,
- kartowanie lodowców,
- obrazowanie obszarów kopalń odkrywkowych dla oceny wielkości urobku, kontroli zwałowisk, rekultywacji itp.
- budowa przestrzennego modelu aglomeracji miejskich (tzw. model miasta 3D) dla potrzeb telekomunikacji (badanie propagacji fal dla optymalizacji rozmieszczenia przekaźników), urbanistów, planistów itp. inwentaryzacja i konserwacja linii energetycznych, dróg, rurociągów, wałów przeciwpowodziowych i innych wydłużonych obiektów infrastruktury, tzw. „opracowania korytarzowe”.

**Chmura punktów** (*point cloud*) to zbiór punktów, które mają współrzędne X, Y, Z oraz parametr intensywności odbicia. Atrybutów poszczególnych punktów może być więcej. Zbiór punktów stanowi model 3D skanowanego terenu lub obiektu (z dokładnością do milimetrów przy skaningu laserowym stacjonarnym). Chmura punktów to produkt końcowy trójwymiarowego skanowania laserowego terenu lub wybranych obiektów. W celu optymalizacji wielkości zbioru odfiltrowuje się nieistotne punkty poprzez przycinanie i modyfikowanie gęstości zbioru. Pliki chmury punktów przyspieszają proces projektowania, umożliwiając ponowne tworzenie obiektów podczas modelowania 3D.

Na rysunku 3 pokazany jest przykład chmury punktów pozyskanych metodą LiDar. Poszczególne punkty zostały pokolorowane według wartości współrzędnej wysokości.

**Rysunek 3.** Przykład chmury punktów pozyskanych metodą LiDar pokolorowanych według wartości współrzędnej wysokości



Źródło: UNAVCO, [http://www.unavco.org/software/visualization/idv/IDV\\_datasource\\_point\\_cloud.html](http://www.unavco.org/software/visualization/idv/IDV_datasource_point_cloud.html), dostęp: 1.11.2014.

#### 1.9.4. Technologie obiektowej analizy zdjęć satelitarnych wysokiej rozdzielczości

Współczesne urządzenia teledetekcyjne rejestrują szeroki zakres promieniowania elektromagnetycznego, jednak w badaniach środowiska wykorzystuje się głównie promieniowanie widzialne i bliską podczerwień. Satelitarne skanery wielospektralne rejestrują energię promieniowania elektromagnetycznego wyemitowanego i odbitego od powierzchni Ziemi, rozdzielając ją na poszczególne pasma (kanały). Wielkość energii docierającej od mierzonej powierzchni do urządzenia rejestrującego (skanera) odzwierciedla się w odpowiedniej jasności pikseli składających się na obraz cyfrowy.

Obrazy satelitarne charakteryzują się czterema podstawowymi **typami rozdzielczości**:

- spektralną – liczbą przedziałów (kanałów) rejestrowanego promieniowania elektromagnetycznego,

- przestrzenną – wielkością piksela rejestrowanego na obrazie, czyli minimalną wielkością obiektu przestrzennego, który może być uwidoczony na nim,
- radiometryczną – wyrażającą liczbę poziomów promieniowania możliwych do zarejestrowania w każdym kanale, określoną liczbą bitów,
- czasową – określającą częstotliwości pozyskiwania informacji z tego samego obszaru wyrażoną długością trwania 1 obiegu Ziemi przez satelitę (w dniach).

Podstawowe satelity teledetekcyjne, których obrazy są analizowane przy zastosowaniu programów GIS, oraz które były lub są dostępne i wykorzystywane w Polsce to: NOAA, Landsat (MSS i TM), SPOT, IRAS-1C/1D, IKONOS, KVR-1000 Kosmos, QuickBird.

Satelity serii **Landsat MSS** (*Multispectral Scanner* – skaner wielospektralny) wysyłane były na orbitę w latach 1973, 1975 i 1978. Posiadały cztery kanały spektralne, rozdzielczość przestrzenną 79 m x 79 m. Jedna scena satelitarna obejmowała obszar 185 km x 178 km, co dla porównania odpowiada 5.000 zdjęć lotniczych w skali 1:5.000. Rozdzielczość czasowa MSS wynosiła 16 dni.

Satelity **Landsat TM** (*Thematic Mapper* – nazwa skanera siedmiokanałowego) umieszczano na orbicie w latach 1982, 1984, 1989, 1999. Rozdzielczość przestrzenna 30 m x 30 m (kanał termalny 120 m x 120 m) i czasowa, podobnie jak MSS, 16 dni.

Charakterystyka zastosowań poszczególnych kanałów tego satelity:

- kanał 1 (niebieski) o rozdzielczości spektralnej 450–520 nm, użyteczny jest w kartowaniu stref przybrzeżnych mórz i większych jezior, rozróżnianiu gleb i roślinności (np. typów lasów) i identyfikacji elementów antropogenicznych,
- kanał 2 (zielony) – 520–600 nm – stosowany w określaniu stanu zdrowotnego szaty roślinnej oraz identyfikacji elementów kulturowych;
- kanał 3 (czerwony) – 630–690 nm – służy do rozróżniania obszarów z różnogatunkową roślinnością, granic glebowych, geologicznych i innych granic, także antropogenicznych,
- kanał 4 (odbita podczerwień) – 760–900 nm, wykorzystywany do oceny przyrostu biomasy w trakcie sezonu wegetacyjnego; przydatny też do identyfikacji upraw; daje dobry kontrast pomiędzy uprawami i glebami oraz pomiędzy terenami lądowymi i wodnymi,
- kanał 5 (średnia podczerwień) o rozdzielczości 1.550–1.740 nm – czuły na zmiany ilości wody w roślinach uprawnych, a więc przydatny w badaniach bilansu wodnego i stanu zdrowotnego roślin, pozwala też na wychwycenie różnic pomiędzy chmurami a pokrywą śnieżną i lodową,
- kanał 6 (podczerwień termalna) – 10.400–12.500 nm – stosowany w ocenie zagrożenia roślinności, w tym upraw oraz termiki podłoża, w tym zmian w środowisku wywołanych emisją ciepła sztucznego, przydatny dla poszukiwań złóż wód geotermicznych,
- kanał 7 (średnia podczerwień) – 2.080–2.350 nm – użyteczny w określaniu formacji geologicznych, wydzieleniu typów gleb oraz zawartości wilgoci w glebach i roślinach.

Dla niektórych celów stosuje się kompozycje złożone z obrazów 3-kanałowych, np.:

- kanały 3-2-1 – dające złudzenie obrazu o barwach rzeczywistych zbliżonych do zdjęcia fotograficznego,
- kanały 5-4-2 – o kolorach zafalszowanych, eksponujące jednak kontrast pomiędzy różnymi elementami pokrycia terenu (np. drogi – błękitne, wody – czarne, roślinność – czerwona),
- kanały 7-3-1 stosowane są do obserwacji pożarów lasów,
- kanały 4-3-2 użyteczne do opracowania map roślinności i analizy zanieczyszczeń wód powierzchniowych,
- kanały 7-4-2 przydatne w studiach geologicznych.

Dziedziny zastosowań obrazów satelity Landsat:

- rolnictwo, leśnictwo i szacowanie zasobów,
- użytkowanie terenu i kształtowanie środowiska,
- geologia,
- gospodarka wodna,
- badanie zasobów strefy nadmorskiej,
- monitoring środowiska.

Francuskie satelity **SPOT** rozpoczęły pracę na orbicie w roku 1986 (SPOT-1), a kolejne satelity z tej serii zostały wystrzelone w latach 1990, 1993 i 1998. Jedna scena obrazu pozyskanego z tych satelitów ma wymiary 60 km x 60 km. Satelita obiega Ziemię w ciągu 26 dni. Oprócz zdjęć klasycznych, o płaszczyźnie prostopadłej do linii zenit-nadir, ma on możliwość wykonywania tzw. stereopary zdjęć umożliwiającej tworzenie obrazów trójwymiarowych (3D) oraz zdjęć pod różnym kątem w stosunku do powierzchni Ziemi. Satelity te rejestrują obrazy panchromatyczne (czarno-białe) o rozdzielczości 10 m x 10 m i wielospektralne o rozdzielczości 20 m x 20 m.

Skaner multispektralny (XS) rejestruje 3 kanały:

- kanał 1 (zielony) – 500–590 nm – wykorzystywany jest w badaniu stanu zdrowotnego roślinności,
- kanał 2 (czerwony) – 610–680 nm – użyteczny w rozróżnianiu obszarów o odmiennej szacie roślinnej oraz w identyfikacji wydzielen typów gleb i struktur geologicznych,
- kanał 3 (podczerwień odbita) – 790–890 nm – przydatny do tych samych celów, co kanał 3 satelity Landsat MSS.

Satelity meteorologiczne **NOAA** (*The National Oceanic and Atmospheric Administration*) reprezentowane przez kilka generacji urządzeń, wprowadzane są na orbitę od 1970 roku. Od 1978 roku zaczęto stosować satelity nowszej generacji TIROS-N z urządzeniem AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer* – udoskonalony radiometr o bardzo dużej zdolności rozdzielczej).

Istnieją dwa typy tych urządzeń:

- lokalne – LAC (*Local Area Coverage*) – o rozdzielczości przestrzennej 1,1 km x 1,1 km,
- globalne – GAC (*Global Area Coverage*) – o rozdzielczości przestrzennej 4 km x 4 km.

Rozdzielczość czasowa: 1 dzień. Rozdzielczość radiometryczna: 10 bitów (1.024 odcieni szarości). Wielkość zobrazowania: 2.700 x 2.700 km.

Poszczególne kanały służą:

- kanał 1 (widzialny) od 580 do 680 nm – do analiz stanu zdrowotnego i zniszczeń w roślinności,
- kanał 2 (bliska podczerwień) – 725–1.100 nm – przydatny, jak kanał 3 Landsat MSS,
- kanał 3 (podczerwień) – 3.550–3.930 nm – do rozróżniania śniegu i lodu oraz określania lokalizacji dużych pożarów,
- kanał 4 (podczerwień termalna) o rozdzielczości 10.500–11.500 nm – do analiz zniszczeniach w roślinności i zbożach oraz lokalizacji aktywności geotermicznej,
- kanał 5 (podczerwień termalna) – 11.500–12.500 nm – o możliwościach zbliżonych do kanału 4.

W rozwoju systemów satelitarnych dają się zaobserwować następujące trendy:

- Przechodzenie od systemów subsydiowanych przez państwo na systemy komercyjne.
- Przechodzenie od ciężkich i drogich satelitów na satelity małe. Wyróżnia się: satelity mikro (masa 10–100 kg), mini (masa 100–500 kg) i średnie (masa 500–1.000 kg). Szacuje się, że satelity małe w porównaniu z dużymi (masa powyżej 1.000 kg) mogą dostarczyć 95% korzyści przy 5% kosztów lub 70% korzyści przy 1% kosztów satelitów dużych.
- Łączenie w projektowanych systemach zarówno potrzeb wojskowych, jak i cywilnych (tzw. systemy dualne). Rozwój obrazowania w zakresie mikrofalowym SAR (*Synthetic Aperture Radar*).

Możliwości wykorzystania danych z misji satelitarnych do prowadzenia badań i zasilania baz danych dotyczą przede wszystkim badań i zasilania baz danych meteorologicznych, radiologicznych, geofizycznych, o glebach, oceanograficznych, badań i kartowania terenów lądowych.

Stosuje się trzy grupy metod przetwarzania obrazów satelitarnych:

- odtworzenie obrazu,
- wzmocnienie wartości informacyjnej obrazu,
- klasyfikacja.

Techniki wzmocnienia spektralnego danych z obrazów satelitarnych stosowane są m.in. do:

- kompresji danych zawartych w pasmach podobnych,
- wyodrębnienia nowego pasma, które jest bardziej przydatne do interpretacji wzrokowej,
- zastosowania transformacji i algorytmów matematycznych,
- wizualizacji różnych informacji w trzech podstawowych kolorach (RGB).

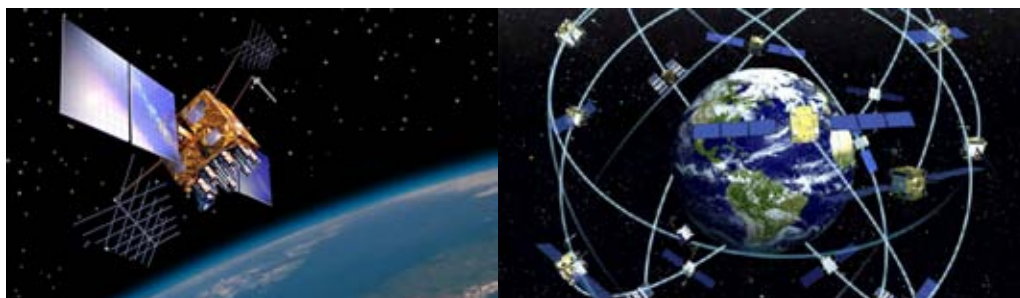
Obecnie szybko rozwijają się techniki automatycznego rozpoznawania obiektów w oparciu o algorytmy statystycznego uczenia maszynowego.

### 1.9.5. GPS, GLONASS

Globalny system lokalizacji **GPS-NAVSTAR** (*Global Positioning System - NAVigation System Time And Ranging*) jest systemem umożliwiającym szybkie i precyzyjne wyznaczenie położenia dowolnego punktu na powierzchni Ziemi, w oparciu o sygnały od 31 satelitów na średnich orbitach (rysunek 4a, 4b). Zasada działania polega na pomiarze czasu dotarcia sygnału radiowego z satelitów do odbiornika. Znając prędkość fali elektromagnetycznej można obliczyć odległość odbiornika od satelitów. Mając wpisane do pamięci urządzenia położenie satelitów w czasie, mikroprocesor odbiornika może obliczyć pozycję geograficzną (długość, szerokość geograficzną), wysokość nad układem odniesienia oraz z dużą dokładnością aktualny czas UTC.

Korzystając z zasad triangulacji przestrzennej, dokonując pomiaru odległości do odbiornika do satelitów, oblicza się na podstawie zebranych przez odbiornik wyposażony w antenę sygnałów pochodzących od co najmniej trzech satelitów, położenie odbiornika względem środka Ziemi. Współcześnie dokładność nawigacyjna pomiarów GPS wynosi około 5 m. Przy zastosowaniu specjalnych technik pomiarowych (DGPS) pozwala na uzyskanie centymetrowych dokładności.

**Rysunek 4.** a) satelita GPS-IIRM na orbicie, b) orbity satelit GPS



Źródło: Gpsworld.com, /<http://gpsworld.com/>, dostęp: 22.11.2014, Extremetech.com, <http://www.extremetech.com/extreme/126843-think-gps-is-cool-ips-will-blow-your-mind>, data publikacji: 24.04.2012.

#### **Segmenty systemu GPS:**

- Segment satelitarny tworzą 24 satelity. Satelity są rozmieszczone na sześciu płaszczyznach – płaszczyznach orbitalnych (cztery satelity na każdym), co pozwala na odbiór sygnału od pięciu do dwunastu satelitów z każdego punktu globu.
- Segment kontroli tworzy system pięciu stacji monitorujących z głównym centrum kontroli w bazie lotniczej Falcon w stanie Kolorado. Stacje odbierają sygnały kontrolne i telemetryczne satelitów i w razie potrzeby dokonują zdalnej korekty.
- Segment użytkownika tworzą odbiorniki GPS. Odbiorniki GPS przetwarzają sygnały z satelity na współrzędne położenia (trójwymiarowe), prędkość, czas itp. Ilość, dokładność oraz postać prezentowanych danych zależą od przeznaczenia i rodzaju odbiornika.



Standardowe systemy lokalizacji GPS umożliwiają określenie pozycji pojazdu z dokładnością niewystarczającą dla niektórych zastosowań. Przykładem jest kierowanie pojazdami lotniskowej straży pożarnej na płycie lotniska przy ograniczonej widoczności. Dla rozwiązania tego problemu wykorzystuje się lokalny system DGPS oraz sygnał korygujący z systemu EGNOS.

**DGPS** (*Differential Global Positioning System*) – określa i poprawia błędy systemowe, technika DGPS pozwala na osiągnięcie dokładności od 0,5 do 5 m (wykorzystuje stacje referencyjną w punkcie o znanych współrzędnych. W Polsce od 2008 roku Główny Urząd Geodezji i Kartografii tworzy system **ASG-EUPOS** (Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS). Jest to system składający się z ponad 100 naziemnych stacji referencyjnych, rozmieszczonych na terenie całego kraju, dzięki któremu pozycjonowanie satelitarne możliwe jest z dokładnością centymetrową.

**GLONASS** (ros. *Globalnaja Nawigacionnaja Sputnikowaja Sistiema*) to system nawigacji satelitarnej kontrolowany przez Federację Rosyjską, obejmujący swoim zasięgiem niemal całą kulę ziemską. Podobnie jak GPS jest systemem stadiometrycznym, czyli pozycja jest wyznaczana w punkcie przecięcia czterech sfer o promieniach obliczonych na podstawie czasu propagacji sygnału i środkach znanych z depech nawigacyjnych wysyłanych przez satelity. GLONASS został powołany do życia już 1.12.1976 roku, gdy Rosja należała jeszcze do ZSRR, dekretem Komitetu Centralnego Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego i Rady Ministrów ZSRR *O rozwoju globalnego systemu nawigacji satelitarnej GLONASS*. Łącznie na orbicie znajduje się 30 satelitów, z czego trzy – jako rezerwowe – mają pozostawać w stanie uśpienia. Kąt inklinacji orbit wynosi  $64,8^\circ$ , dzięki czemu możliwe jest lepsze pokrycie satelitami wyższych szerokości geograficznych niż w przypadku systemu GPS. Zdecydował o tym fakt, że na szerokościach okołobiegunowych prowadzona jest intensywna żegluga rosyjskich okrętów podwodnych, nosicieli broni jądrowej. Każdy satelita GLONASS nadaje swoją precyzyjną pozycję na pełne pół godziny; sygnały (czasu) są odniesione do systemu czasu UTCSU (uniwersalny czas koordynowany byłego Związku Radzieckiego). System wykorzystują odbiorniki produkcji rosyjskiej i są przeważnie typami wojskowymi lub okrętowymi. Produkcja cywilnych odbiorników 12 lub 24-kanałowych ruszyła dopiero niedawno. Odbiorniki uniwersalne – dla GPS i GLONASS – są produkowane przez niektórych producentów zachodnich: 3S Navigation R100/30T, Ashtech Z18 i innych<sup>41</sup>.

Od 2014 roku w Rosji obowiązuje ustawa zakazująca sprzedaży telefonów komórkowych tylko z odbiornikami GPS. Nowe aparaty mają także obsługiwać system rosyjski system nawigacji GLONASS.

### 1.9.6. Pictometry®, MMS/MLS, cykloramy

Nowoczesnym źródłem danych są **pictometry**® – technologia równoczesnego pozyskiwania wysokiej jakości zdjęć ukośnych (pod kątem ok. 50%) i ortogonalnych, które mogą być bezpośrednio wykorzystane lub dalej przetwarzane w systemach geoinformacyjnych.

41 Słowniczek pojęć GSM, <http://www.mgsm.pl/pl/slowniczek/G/98/GLONASS.html#DictGoTo>, dostęp: 28.11.2014.

Użytkownicy mogą wykonywać pomiary na zdjęciach i prowadzić analizy dla 3D. Zdjęcia wykonuje 5 kamer cyfrowych różnie zorientowanych. Do skompletowania planu potrzebny jest m.in. wysokościowy model terenu.

W wyniku zastosowania procesu piktometrycznego otrzymuje się<sup>42</sup>:

- 1/ mozaikę piktometryczną,
- 2/ wysokorozdzielcze zdjęcia obiektów (rozmiar piksela 12-15 cm),
- 3/ zdjęcia georeferencyjne zdefiniowane w układzie geodezyjnym obiektu,
- 4/ dane dokładnościowe o wykonanych zdjęciach i obiektach.

Wykorzystanie zdjęć ukośnych i systemów pomiarowych przez ogólnie dostępne aplikacje administracyjne jest coraz bardziej rozpowszechnione. W porównaniu z tradycyjnymi zdjęciami pionowymi, zdjęcia ukośne oceniane są jako bardziej wiarygodne i łatwiejsze w użyciu. Zastosowanie piktometrii w administracji publicznej sprawiło, że używając nowych aplikacji znajduje ona zastosowanie do nowych celów. Dlatego system piktometryczny ma obecnie coraz większą liczbę użytkowników i znalazł zastosowanie w takich dziedzinach jak<sup>43</sup>:

- 1/ administracja publiczna i bezpieczeństwo:
  - ułatwienie identyfikacji lokalizacji przy złych warunkach pogodowych, np. w nocy, w zimie,
  - wspomaganie poszukiwania,
  - planowanie poszukiwań, akcji ratowniczych,
  - ułatwienie wyboru alternatywnej trasy w razie utrudnień na drodze,
  - analiza obszaru z uwzględnieniem danych z różnych źródeł,
  - planowanie z uwzględnieniem dostępnych danych w postaci nakładek GIS,
  - wyszukiwanie obszaru przy użyciu nakładek z bazą adresów,
- 2/ straż pożarna:
  - przygotowanie planu ewakuacyjnego dla obiektów o podwyższonym zagrożeniu,
  - możliwość wykonania zbliżenia obiektu i jego analiza: wysokość; liczba pięter; typ pokrycia dachowego; analiza punktów ewakuacyjnych,
  - analiza terenu zagrożonego,
  - analiza wpływu czynników zewnętrznych na przeprowadzaną akcję, np. wiatru, ułatwienie organizacji służb ratowniczych,
  - wspomaganie prowadzenia akcji ratowniczej,
  - podstawa do analizy otoczenia wokół zagrożonego obszaru i ryzyka rozprzestrzenienia się pożaru,
  - pomiar odległości do dostępnych hydrantów,
- 3/ zarządzanie systemami wodnymi:
  - analiza zagrożenia powodzią,
  - symulacja zagrożenia,

42 Madej M. *Pictometry® - nowe zastosowanie zdjęć lotniczych*, „Roczniki Geomatyki”, Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, tom V, zeszyt 3/2007, s. 87-95.

43 Tamże...

- analiza linii brzegowych,
- 4/ zarządzanie kryzysowe:
- analiza zasięgu zagrożenia,
  - planowanie akcji ratunkowych,
  - ocena skutków: szacowanie wielkości zniszczeń; analiza zniszczeń na podstawie zdjęć terenu przed i po pożarze, wicherze, powodzi; identyfikacja uszkodzonej infrastruktury,
- 5/ zarządzanie terenami:
- analiza terenu pod kątem zagospodarowania przestrzennego,
  - planowanie przestrzenne na zdjęciach z uwzględnieniem elementów uzbrojenia naziemnego,
  - uwzględnienie elementów uzbrojenia podziemnego podczas planowania z użyciem odpowiedniej nakładki tematycznej,
  - porównywanie aktualnych map zagospodarowania przestrzennego i planowania terenu z zawartością zdjęć,
  - podstawa do planowania aktualizacji terenu,
- 6/ możliwość wykonania modelu 3D terenu dla potencjalnych klientów, w celu wizualizacji terenu.

System mobilnego mapowania **MMS/MLS** - pozyskiwanie przestrzennych, powiązanych georeferencyjnie danych za pomocą czujników i sensorów zamontowanych na mobilnej platformie.

**Cycloramy** jest to cyfrowa baza zobrazowań panoramicznych (360°) o precyzyjnej georeferencji; wizualizacja całych miast i jednostek administracyjnych wykonywana z dróg publicznych, z odpowiednio wyposażonych samochodów. Obecnie oferowany system obejmuje: dwie wysokorozdzielcze kamery dla skanowania progresywnego, dwa wysokorozdzielcze odometry, system pozycjonowania oparty o GPS i System Nawigacji Inercyjnej (INS), komputer i kontroler systemu. Obecnie dostępne są darmowe aplikacje mobilne (np. GlobeSpotter Mobile), które umożliwiają przeglądanie zdjęć panoramicznych na ekranie smartfona lub tabletu.

## 1.10. Aspekty teoretyczne modelowania przestrzennego

W systemach geoinformatycznych, gdzie nie istnieje jeszcze do końca wykrystalizowana całościowa teoria i daleko jeszcze do zawodowej rutyny, modele wyjaśniające rozwój zjawisk i procesów mają do spełnienia olbrzymią rolę. Zazwyczaj bowiem podejmowanie decyzji to spora dawka subiektywizmu sprzężonego z przypadkiem. Model zaś, chociażby jeszcze obciążony pewnym subiektywizmem, obiektywizuje przynajmniej konsekwencje tego subiektywizmu i uwalnia go od interwencji przypadku<sup>44</sup>.

44 Na podstawie: Zipsper T., Sławski J., *Modele procesów urbanizacji. Teoria i jej wykorzystanie w praktyce planowania*, studia Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk, tom XCVII, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1988, s. 5-9.

Jak zauważa T. Zipser, model rozwoju zjawiska lub procesu można budować w pewnej mierze na podstawie określonej hipotezy całościowej. Szuka się wówczas mechanizmów, które, odpowiednio zmontowane, będą odzwierciedlały stany zgodne z ogólnymi prawidłowościami po to, aby – po wyjaśnieniu ich szczegółowego udziału w tworzeniu całości – użyć ich do regulowania, sterowania i kontroli procesów. Znając wpływ tych cząstkowych mechanizmów, można przewidzieć rozwój zjawiska. Każdy model odwołujący się do nowych hipotez narzuca rygorystyczną dyscyplinę pewnemu obszarowi badań, na ogół stwarzając szanse scalenia tego obszaru. Równocześnie, opracowany model powinien pozostawiać właściwy margines dla koncepcji normatywnych, dla twórczej inicjatywy decydentów<sup>45</sup>.

Przykładowe modelowania w GIS-ie to modelowania hydrologiczne (powodzi), modelowanie rozwoju osadnictwa i wiele innych. Rozwijają się tworzenie modeli przestrzennych w oparciu o dane pochodzące z różnych źródeł (pliki tekstowe, wektorowe, rastry, chmury punktów). Na modelach przestrzennych wykonuje się m.in. operacje boolowskie, wykrywanie i analizę konfliktów, tworzenie przekrojów dynamicznych.

## 1.11. Podstawowe typy analiz przestrzennych

Podstawą analiz przestrzennych jest poznanie wzajemnych zależności analizowanych cech, obiektów, procesów lub zjawisk. Analizy ilościowe wykorzystujące metody statystyczne pozwalają na opisanie tych zależności.

**Analiza przestrzenna** (*spatial analysis*), zgodnie z definicją GUS, jest to analiza danych przestrzennych mająca na celu ujawnienie lub uzyskanie nowej informacji przestrzennej, zwłaszcza geograficznej. Analiza przestrzenna umożliwia modelowanie złożonych zjawisk, relacji i procesów geograficznych, służąc ich monitorowaniu i prognozowaniu. Analiza konkretnego problemu przestrzennego wymaga zazwyczaj wykonania pewnej liczby prostszych operacji za pomocą oprogramowania systemu informacji przestrzennej. Analiza przestrzenna jest rodzajem analizy danych (*data analysis*), która oznacza systematyczny opis i analizę danych oraz ich przepływu w systemie istniejącym lub projektowanym<sup>46</sup>. Dane tematyczne (*thematic data*) są to dane opisujące pewne aspekty (tematy) świata rzeczywistego w nawiązaniu do danych georeferencyjnych<sup>47</sup>.

Metodyka analizy uzależniona jest od tego, czy używane są dane wektorowe, czy rastrowe<sup>48</sup>. W GIS dysponujemy dwiema metodami graficznej reprezentacji obiektu (zapisem rastrowym lub wektorowym) oraz charakterystykami atrybutowymi zapisanymi w bazie danych.

45 Por. *Ibibem...*

46 *Pojęcia stosowane w badaniach statystycznych statystyki publicznej*, GUS, <http://old.stat.gov.pl/gus/>, dostęp: 7.05.2014, na podstawie: *Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej...*

47 Tamże...

48 Tamże...

Do analizy danych rastrowych często wykorzystuje się proste operatory arytmetyczne i logiczne, które mogą być łączone w rozbudowane wzory za pomocą specjalnego języka skryptowego tzw. **algebra map** (*map algebra*). Jest to działanie obejmujące jedną lub wiele warstw tematycznych mapy, stąd technika ta jest określana także jako modelowanie kartograficzne. W przypadku danych rastrowych możliwe jest wykonanie następujących analiz przestrzennych<sup>49</sup>:

- porównanie wartości danego piksela z cechami innych warstw tematycznych (*local operation*);
- analiza sąsiedztwa danego piksela (*focal operation*), pozwalająca obliczać pochodne, zamieniać wartości piksela przez konwolucję maski filtra cyfrowego;
- operacje globalne (*global operation*) pozwalające na statystyczny opis wartości zapisanych w warstwie tematycznej (równanie powierzchni trendu, autokorelacja przestrzenna, grupowanie wartości pikseli w podzbiory);
- operacje strefowe (*zonal operation*) umożliwiające analizę typu ekwidystanta.

Do analizy danych wektorowych wykorzystuje się strukturalny język zapytań SQL (*structural query language*) rozbudowany o operatory przestrzenne, które umożliwiają wykonywanie kwerend w relacyjnych bazach danych. Działania na geometrii obiektów wektorowych to<sup>50</sup>:

- kwerendy z użyciem operatorów arytmetycznych i logicznych z jednoczesną agregacją atrybutów.
- operacje wyznaczania ekwidystant w celu znalezienia zasięgu oddziaływania obiektów;
- analizy sieciowe polegające na wyznaczeniu drogi i czasu przepływu w strukturach sieciowych typu drogi, sieć rzeczna i in..
- analiza autokorelacji przestrzennej za pomocą metod geostatystycznych.

## 1.12. Location Intelligence

Metody typu *Location Intelligence* łączą środowisko GIS ze środowiskiem *Business Intelligence* (BI). Zdecydowana większość danych biznesowych posiada odniesienie przestrzenne. Z modułu *Business Intelligence* pozyskujemy dane w postaci tabel, wykresów. W module GIS przekształcamy je na warstwy tematyczne. Intuicyjne narzędzie **Galigeo BI**<sup>51</sup> pozwala na integrację tych dwóch środowisk<sup>52</sup>. Efektem jest interaktywna mapa

---

49 Magnuszewski A., *Zastosowanie techniki GIS w ocenie zagrożeń naturalnych – dawnych i przyszłych*, [w:] Ciupa T., Suligowski R. (red.) *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce 2010, s. 24.

50 Tamże...

51 Galileo, <http://www.galigeo.com/location-intelligence-products/galigeo-bi-where-location-analytics/>, dostęp: 1.10.2014.

52 *How to Deploy Location Intelligence for CRM Systems to Enhance Sales Operations*, webinar Galigeo, <http://vimeo.com/72411676>, dostęp: 1.10.2014.

tematyczna przedstawiająca rozkład przestrzenny danych z raportu. Funkcje prezentacyjne pozwalają na dobranie technik wizualizacji odpowiednio do potrzeb użytkownika. Funkcje analityczne umożliwiają wielopoziomowe analizy prezentowanych danych. Za pomocą narzędzi Galigeo można wykonywać analizy przestrzenne danych. Można nanieść na mapę kartodiagramy wizualizujące dane z raportu biznesowego. Z poziomu aplikacji można uzyskać informacje o atrybutach obiektów umieszczonych na mapie – z systemów BI i GIS.

*Location Intelligence* pozwala wykonać takie mapy tematyczne, jak m.in.:

- analiza kosztów na tle analizy dochodów poszczególnych oddziałów,
- analiza trendu przychodów poszczególnych placówek względem poprzedniego okresu rozliczeniowego na tle aktualnego przychodu tych placówek,
- mapa ciepła prezentująca nasycenie rozmieszczenia placówek,
- analiza buforowa lokalizacji placówki,
- analiza realizacji planu finansowego w poszczególnych oddziałach i inne.

Analizy buforowe pozwalają badać wpływ lokalnego środowiska i punktów POI (*point of interest*) na analizowany obiekt. Mapy ciepła pozwalają przedstawiać nasilenie zjawiska w zależności od wskazanej wartości.

Można prześledzić zależności między wskaźnikami biznesowymi z uwzględnieniem ich odniesienia terytorialnego. Możliwe jest dostrzeżenie zależności między zjawiskami, ukrytych trendów i nowych możliwości. Wykorzystanie *Location Intelligence* pozwala badać wpływ czynników zewnętrznych i lokalizacji na wskaźniki biznesowe, zapewnia sprawniejszą kontrolę, zwiększa przejrzystość procesu decyzyjnego oraz pozwala na podejmowanie trafniejszych decyzji<sup>53</sup>.

### 1.13. Wizualizacja danych przestrzennych

**Wizualizacja kartograficzna** oznacza proces automatycznego nadania obiektom znaków kartograficznych. **Generalizacja** to proces uogólnienia i uproszczenia treści mapy poprzez wybór lub uproszczenie kształtu obiektów oraz uogólnienie pojęć odnoszących się do tych obiektów, właściwy dla szczególności treści mapy zasadniczej w skalach 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000. **Redakcja kartograficzna** – proces polegający na doborze i generalizacji obiektów zgodnie z przyjętymi kryteriami, usunięciu konfliktów graficznych, opracowaniu opisów oraz sporządzeniu ramki arkusza i treści pozaramkowej mapy.

Od strony wizualnej GIS jest zestawem inteligentnych map i innych widoków pokazujących obiekty i relacje między obiektami przestrzennymi. Widoki kartograficzne można tworzyć do wyszukiwania, analiz i pokazywania informacji.

---

<sup>53</sup> *Location Intelligence w analizach biznesowych* [w:] *Kalejdoskop GIS*, tom 1, ESRI Polska sp. z o.o., Warszawa 2012, s. 17.

### 1.13.1. Numeryczny Model Terenu

NMT (*Digital Terrain Model* – DTM) jest to numeryczne odwzorowanie rzeźby powierzchni terenu (powierzchni ciągłej) w sposób dyskretny (punktowy) wraz z algorytmem interpolacyjnym, umożliwiającym wyznaczenie współrzędnych  $Z$  dowolnych punktów, jako funkcji współrzędnych  $X$  i  $Y$  tych punktów:

$$Z = f(X, Y)$$

Idealne odtworzenie powierzchni terenu przez model nie jest możliwe, ponieważ ze względów ekonomicznych, czasowych i wielkości zbiorów danych, nie da się pomierzyć ani wyrazić całej złożoności powierzchni terenu.

Podstawowymi problemami związanymi z numerycznym modelem terenu są:

- problem odpowiedniego doboru charakterystycznych punktów powierzchni (*sampling problem*) w celu uzyskania jak najlepszego efektu przy minimalizacji ilości danych,
- problem odtworzenia (przedstawienia) powierzchni na podstawie istniejących danych (*representation problem*).

NMT jest reprezentowany przez punkty rozłożone regularnie (GRID) lub nieregularnie (TIN) na powierzchni terenu i uzupełniony przez punkty reprezentujące morfologiczne formy terenu (*break lines*) takie, jak:

- linie szkieletowe (grzbiety, ciekły),
- linie nieciągłości (urwiska, skarpy),
- powierzchnie wyłączeń (budynki, ciekły),
- pikiety ekstremalne (wierzchołki, dna).

W praktyce podstawowe znaczenie mają dwa modele NMT:

- model GRID – regularny w postaci siatki kwadratów uzupełnione charakterystycznymi punktami i liniami szkieletowymi,
- model TIN – w postaci nieregularnej siatki trójkątów.

**Model GRID** jest oparty na siatce kwadratów, której punkty węzłowe posiadają określone wysokości powierzchni terenowej. Struktura taka jest wyjątkowo łatwa do przetwarzania, zabiera bardzo mało pamięci, a algorytmy używane do modelowania terenu są stosunkowo proste. Im gęstsza siatka zostanie zastosowana tym otrzymany model będzie dokładniejszy. Zwiększając gęstość siatki prowadzi jednak do sytuacji, że jest ona również zwiększana w miejscach o małym urozmaiceniu terenu, powodując tym samym znaczny wzrost nic nie wnoszących danych. Rozwiązaniem jest uzupełnienie struktury o punkty charakterystyczne i linie szkieletowe lub zastosowanie siatki o strukturze hierarchicznej dostosowującej gęstość do stopnia skomplikowania rzeźby. Wysokości w punktach węzłowych mogą pochodzić z pomiaru bezpośredniego lub fotogrametrycznego lub być wyznaczone z innych modeli powierzchni terenowych.

**Model TIN** to nieregularna sieć trójkątów; powstaje głównie jako efekt bezpośrednich pomiarów terenowych, gdzie cały zakres opracowania zapełnia się trójkątami opartymi o punkty pomiarowe. Ponieważ w tych modelach wykorzystywane są wszystkie punkty charakterystyczne model jest stosunkowo dokładny. Do tworzenia siatki trójkątów najczęściej wykorzystywana jest triangulacja Delaunay'a. Trójkąty tworzone są w taki sposób, aby

żaden z punktów nienależących do niego nie był położony wewnątrz okręgu opisanego na trójkącie. Istotą TIN jest np. przechowywanie oryginalnych danych pomiarowych, podczas gdy w modelu GRID wysokości w punktach węzłowych przeważnie są już interpolowane. Model TIN lepiej ukazuje ukształtowanie terenu niż GRID, zachowuje związki topologiczne między punktami pomiarowymi, daje możliwość uwzględnienia nieciągłości terenu (skarpy, urwiska), umożliwia ograniczenie ilości punktów, które nic nie wnoszą, na terenach płaskich. Sposób zapisu danych w modelu TIN jest bardziej złożony niż w GRID.

Dane wejściowe do budowy TIN:

- Punkty wysokościowe – punkty o określonej wartości atrybutu opisującego wysokość. Źródłem danych mogą być warstwy wektorowe punktowe, liniowe (poziomice), zbiory punktów z pomiaru, warstwy rastrowe lub przetworzone inne TIN-y. Wykorzystując algorytm Delaunay'a, na podstawie punktów wysokościowych tworzy się pierwszą wersję TIN. Stanowi on odzwierciedlenie ogólnego kształtu powierzchni, ale nie reprezentuje dość dobrze uskoku i nieciągłości terenu.
- Obiekty liniowe (*breaklines*) reprezentują naturalne zjawiska takie, jak uskoki, krawędzie zboczy, strumienie a także obiekty stworzone przez człowieka, jak drogi. Dodanie *breaklines*, powoduje utworzenie nowych węzłów w miejscach przecięć linii z istniejącymi krawędziami TIN oraz zdefiniowanie nowych krawędzi, których charakter zależy od typu linii (*hard* lub *soft breaklines*).
- Obiekty powierzchniowe (*replace polygons, erase polygons, clip polygons*), reprezentują obszary o stałej wysokości (np. jezioro) lub mogą ograniczać zasięg interpolacji powierzchni.

Dane do stworzenia numerycznego modelu terenu uzyskiwane są takich źródeł, jak:

- Bezpośredni pomiar terenowy (tachimetria elektroniczna albo techniki GPS). Metoda czasochłonna i kosztowna. Uzasadniona w przypadkach opracowania NMT na niewielkim obszarze i przy szczególnych wymaganiach dokładnościowych.
- Metoda kartograficzna (poprzez przetwarzanie istniejących opracowań mapowych). Budowa NMT o średniej i niskiej dokładności na dużych obszarach (region lub kraj). Wykorzystuje się mapy topograficzne w różnych skalach, polega na digitalizowaniu warstw i innych elementów rzeźby terenu z map.
- Metoda fotogrametryczna (opracowanie zdjęć lotniczych lub obrazów satelitarnych). Pomiar ma miejsce na cyfrowych fotogrametrycznych stacjach roboczych lub autografach analitycznych i może odbywać się ręcznie lub automatycznie. Pomiar ręczny (manualny) sprowadza się do pomiaru na modelu stereoskopowym dużej liczby punktów.
- LiDar – skaning laserowy. Jest to nowa i szybko rozwijająca się technika, pozwalająca budować NMT o dużej dokładności.
- InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Polega na obrazowaniu powierzchni terenu w zakresie mikrofalowym (radarowym) z pułapu lotniczego lub satelitarnego<sup>54</sup>. Uzyskane dane poddawane są bardzo złożonej obróbce pozwa-

54 Zob. szerzej: *InSAR principles: guidelines for SAR interferometry processing and interpretation*. TM-19, European Space Agency, Noordwijk 2007.



lającej otrzymać przestrzenny obraz terenu. Metoda przydatna do opracowania NMT na dużych obszarach.

Wykorzystuje się również altimetrię radarową lub laserową. Dla modeli geologicznych - wiercenia lub pomiary sejsmiczne.

Przykładowe zastosowania TIN:

- kalkulacje robót ziemnych przy projektowaniu dróg,
- studia drenażu przy projektowaniu rozwoju przestrzennego terenu,
- generowanie dokładnych poziomic,
- wizualizacje trójwymiarowe (budynków w krajobrazie),
- konstruowanie przekrojów,
- analizy widoczności,
- wyświetlanie i modelowanie powierzchni dla małych skal,
- modelowanie dyspersji zanieczyszczeń,
- identyfikacja zasięgu zlewni,
- analizy hydrologiczne dla stref spływu.

Z NMT można wygenerować m.in. warstwicę o wybranym cięciu warstwicowym (np. 5 m – cięcie podstawowe, 2,5 m – cięcie pomocnicze).

### 1.13.2. Mapy tematyczne

Mapy tematyczne spełniają wiele funkcji w nauce, dydaktyce, gospodarce, a także w życiu społecznym. Mapami posługują się specjaliści ze wszystkich dziedzin mających związek z przestrzenią geograficzną, wykorzystując je do analizy zjawisk oraz podejmowania decyzji<sup>55</sup>.

**Mapa** to rzutowany na płaszczyznę poziomą znacznie zmniejszony obraz powierzchni Ziemi lub jej części wniesiony na odpowiednio dobraną siatkę kartograficzną w określonej skali. **Skala mapy**  $\frac{1}{M}$  – stosunek długości  $l$  poszczególnych odcinków przedstawionych na rysunku do długości  $L$  rzutów tych odcinków na płaszczyznę poziomą w terenie:

$$\frac{l}{L} = \frac{1}{M}$$

**Mapa tematyczna** (*thematic map*) jest to mapa przedstawiająca informacje dotyczące wybranego tematu (np. struktur geologicznych, wielkości opadów czy struktury i rozmieszczenia ludności; służą do wizualizacji danych statystycznych w układzie geograficznym. Dane statystyczne są prezentowane na mapie jako atrybuty przyporządkowane do geograficznych jednostek. Mapy tematyczne są kolorowane, cieniowane, kropkowane lub kreskowane<sup>56</sup>.

55 Nt. metod kartograficznej prezentacji danych zob. szerzej m.in.: Rachwał T., Czaplinski P., Tobolska A., Uliszak R., *Geografia gospodarcza. Przewodnik do ćwiczeń*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Kraków – Poznań, 2013, s. 18-27; Żyszkowska W., Spallek W., Borowicz B., *Kartografia tematyczna*, PWN, Warszawa 2012; Paślawski J. (red.) *Wprowadzenie do kartografii i topografii*, wyd. 2, Wydawnictwo Nowa Era, Warszawa 2015; *Internetowy atlas metod kartograficznych*, <http://www.educarto.pl/>, dostęp: 1.02.2015.

56 *Eurostat's Concepts and Definitions Database...*; *Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej...*

Typowe mapy tematyczne:

- OFM – ortofotomapa,
- mapa topograficzna,
- mapa spadków terenu,
- mapa ekspozycji terenu,
- ustalenia planów miejscowych i studium,
- mapa hipsometryczna,
- mapa administracyjno-drogowa,
- fotomapa,
- mapa geologiczna,
- mapa dostępności komunikacyjnej,
- mapy turystyczne i inne.

**Ortofotomapa** powstaje w wyniku przekształcania obrazu w rzucie środkowym na obraz w rzucie ortogonalnym. Etapy budowy ortofotomapy:

- korekcja geometryczna,
- korekcja radiometryczna,
- edycja arkusza ortofotomapy.

**Mapa topograficzna** to opracowanie kartograficzne o treści przedstawiającej elementy środowiska geograficznego powierzchni Ziemi i ich przestrzenne związki<sup>57</sup>. Jest to mapa ogólnogeograficzna o treści dostosowanej do potrzeb gospodarczych. Mapy te przeznaczone są do zaspakajania różnorodnych potrzeb gospodarczych, a w szczególności:

- wykonywania pomiarów i obliczeń geodezyjno-kartograficznych,
- sporządzania planów zagospodarowania przestrzennego i ich realizacji,
- rozwiązywania problemów naukowo-badawczych,
- studiów nad terenem i oceny specyfiki terenu,
- jako materiał podkładowy do opracowywania map tematycznych.

Rzeźbę terenu na mapach topograficznych przedstawia się za pomocą warstwic i odpowiednich znaków umownych.

Mapy topograficzne ze względu na zakres treści i stopień uogólnienia charakterystyki powierzchni Ziemi dzielą się na<sup>58</sup>:

- wielkoskalowe w skalach 1:5.000 i 1:10.000,
- średnioskalowe w skalach 1:25.000 i 1:50.000,
- małoskalowe w skalach 1:100.000 – 1:500.000.

W tych skalach są one opracowywane dla obszaru całego kraju oraz w skali 1:5.000 dla obszaru wielkich miast, lub innych obszarów intensywnie zagospodarowanych.

**Analizy dostępności komunikacyjnej** są pomocne przy planowaniu rozwoju miejscowości, szczególnie w zakresie transportu, lokalizacji usług i budownictwa mieszkaniowego. Mapy tematyczne mogą uwzględniać różne rodzaje środków transportu (komunikacja miejska, rowerowa, samochodowa, ruch pieszny). Potrzebna jest punktowa baza

57 Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne..., art. 2.

58 Według nieobowiązującej od 2012 roku *Instrukcji technicznej K-2. Mapy topograficzne do celów gospodarczych*, wydanie drugie, Warszawa 1980, par. 12.

danych stanowiąca podstawę do analiz geostatycznych. Punktowe pomiary terenowe czasu dojazdu wybranym środkiem transportu do miejsca docelowego. Interpolację danych punktowych można wykonać metodą krigingu prostego (wykorzystując np. funkcjonalność rozszerzenia ArcGIS – *Geostatistical Analyst*).

**Geoportal** udostępnia zestandaryzowany pakiet map tematycznych dla obszaru kraju. Jest to portal internetowy zarządzany przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii, zgodny z dyrektywą INSPIRE, pełniący rolę brokera, udostępniającego użytkownikom dane i usługi geoprzestrzenne poprzez wyszukanie żądanych informacji<sup>59</sup>.

### 1.13.3. Kartogramy i kartodiagramy

Popularną metodą kartograficzną prezentacji danych przestrzennych są **kartogramy**. Są to mapy przedstawiające średnie wartości badanego zjawiska w wybranych jednostkach terytorialnych (np. państwach, jednostkach samorządowo-terytorialnych, obrębach statystycznych). Dla każdej jednostki terytorialnej liczy się wskaźnik bezwzględny (np. ilość lotnisk w regionie) lub względny (np. gęstość sieci komunikacyjnej). Zgodnie z klasycznym podejściem do konstrukcji kartogramu, nie powinno się na nim przedstawiać wartości bezwzględnych, a jedynie względne, co więcej – tylko wartości względne w odniesieniu do powierzchni (np. gęstość sieci kolejowej).

Ze względu na swoją prostotę prezentacji kartogramy wykorzystują obecnie m.in. urzędy statystyczne do wizualizacji danych tabelarycznych na swoich portalach. Na przykład, na stronie Eurostat jest dostępny interaktywny Atlas statystyczny, na którym można obejrzeć sporą ilość map tematycznych. Na rysunku 5 jest kartogram gęstości sieci kolejowej w Unii Europejskiej udostępniony przez Eurostat na poziomie NUTS 2. Jako wskaźnik gęstości przyjęto ilość kilometrów sieci kolejowej na 1000 km<sup>2</sup> powierzchni jednostki NUTS 2.

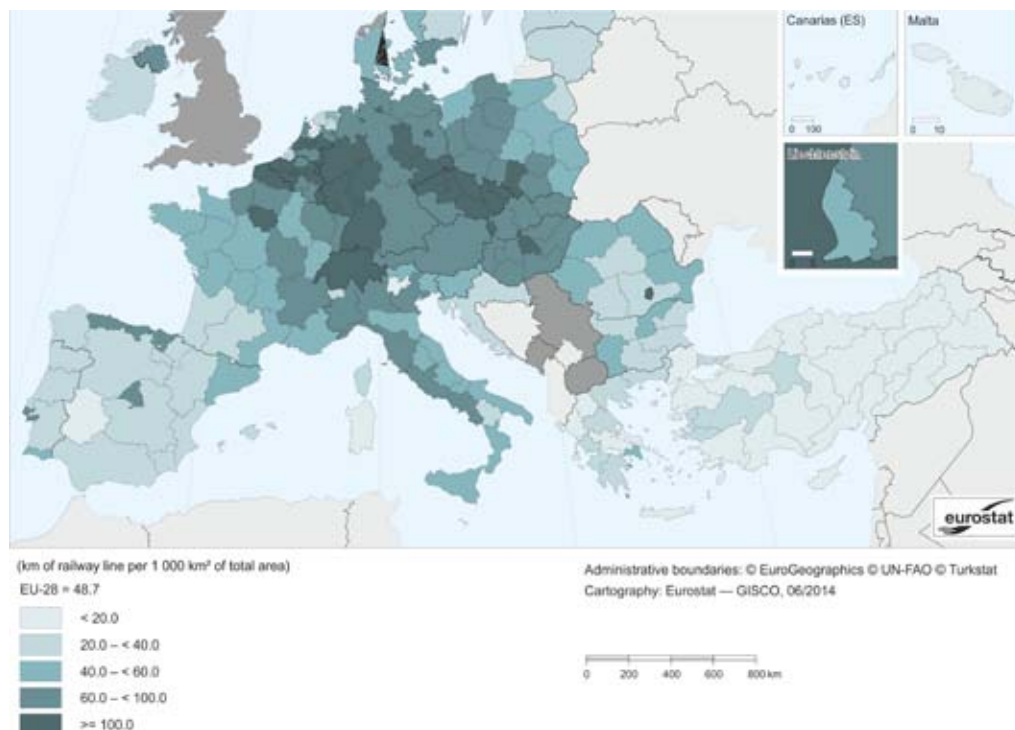
Ważnym etapem opracowania kartogramu jest odpowiednie (czytelne) wyznaczenie przedziałów klasowych. W kartogramach Eurostatu przyjmuje się około 6 przedziałów klasowych. Ich wyznaczanie może polegać na metodach taksonomicznych (czasochłonnych) lub takich metodach, jak<sup>60</sup>:

- punktów charakterystycznych,
- przedziałów klasowych o równej liczbie obserwacji lub o równej rozpiętości,
- granic przedziałów wyznaczonych na podstawie ciągu arytmetycznego, lub geometrycznego, lub harmonicznego,
- średniej zgnieżdzonej lub średniej zgnieżdzonej z modyfikacją odchyleniem standardowym.

59 Przeglądarka Geoportalu 2 dostępna jest pod adresem - <http://mapy.geoportal.gov.pl/imap>

60 Zob. szerzej: Leonowicz A.M., *Kartogram jako forma prezentacji zależności zjawisk geograficznych*, „Prace Geograficzne” nr 206, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa 2006.

Rysunek 5. Przykład kartogramu: gęstość sieci kolejowej w UE na poziomie NUTS 2, 2012



Źródło: *Statistical Atlas*, Eurostat, <http://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/?chapter=02>, dostęp: 28.11.2014.

**Kartodiagramy** są sposobem przedstawienia dowolnego zjawiska za pomocą diagramów rozmieszczonych na mapie i wyrażających bezwzględną wielkość ilościową zjawiska występującego w odpowiedniej jednostce odniesienia. Za pomocą kartodiagramu można wyrazić rozmaity zakres i rodzaj zjawiska – od przedstawienia jednego tylko rodzaju zjawiska lub faktu do jednoczesnego przedstawienia kilku zjawisk, jak też ich wewnętrznych składników czy struktury<sup>61</sup>.

Diagramy są najczęściej figurami geometrycznymi, których wielkość (wysokość, powierzchnia, objętość) wyraża przedstawianą wartość. W zależności od stosowanej figury geometrycznej wyróżnia się kartodiagramy<sup>62</sup>:

- **słupkowe** – wysokość słupka jest proporcjonalna do prezentowanych wielkości; najlepiej prezentują wzajemne relacje wielkości cech porównywanych obiektów; zajmują względnie sporo miejsca na podkładzie,

61 Zob. szerzej: Saliszczew K.A., *Kartografia ogólna*, PWN, Warszawa 2002; Kraak M.I., Ormeling F., *Kartografia: Wizualizacja danych przestrzennych*, PWN, Warszawa 1998.

62 *Kartodiagramy. Kartografia i GIS w geografii społeczno-ekonomicznej*, usfiles.us.szc.pl/pliki/plik\_1133814482.ppt, dostęp: 26.11.2014.

- **powierzchniowe** (np. kołowy, kwadratowy, itp.) – powierzchnia figury jest proporcjonalna do odpowiednich wielkości; zajmują mniej miejsca,
- **objętościowe** (np. sześcienny, kulisty) – objętość figury jest proporcjonalna do prezentowanych wielkości; dogodne do prezentacji danych o dużej rozpiętości; zróżnicowanie wielkości jest trudne do zauważenia; zajmują względnie najmniej miejsca na podkładzie.

Na mapach poglądowych, nie wymagających dużej precyzji, z powodzeniem stosowane są również **piktogramy** (znaki niegeometryczne), np. symboliczne, literowe czy obrazkowe.

Czasem na mapach umieszczane są nie osobne diagramy, a wykresy obrazujące bardziej zaawansowane charakterystyki zjawisk: ich przebieg, wielkość, czas trwania, prawdopodobieństwa itp. Wykresy rejestrujące zmienność różnych wskaźników ilościowych, np. w czasie wykonuje się zwykle w kartezjańskim układzie współrzędnych lub w układzie biegunowym. W kartografii czasem ten typ prezentacji określa się jako osobna **metoda wykresów lokalizowanych**<sup>63</sup>.

Osobną grupę stanowią **kartodiagramy liniowe**, różniące się zarówno charakterem jednostek odniesienia, jak i sposobem przedstawienia rzeczywistego przebiegu prezentowanego zjawiska. W kartografii często ten typ prezentacji wyodrębnia się jako samodzielną **metodę znaków ruchu**.

Diagramy umieszczane są na mapie w konkretnym miejscu występowania opisywanego zjawiska (**kartodiagramy punktowe**) lub w środku obszaru, np. jednostki administracyjnej, do którego odnoszą się te dane (**kartodiagramy powierzchniowe**).

Kartodiagramy mogą ukazywać wielkość zjawisk zarówno wg zasady ciągłej skali wartości, jak i skokowej. Odpowiednio do użytej skali można też określać typ kartodiagramu<sup>64</sup>:

- **Kartodiagram ciągły** przedstawia charakterystyki liczbowe wszystkich elementów odniesienia według ich indywidualnych wielkości. W efekcie na mapie żadna wielkość teoretycznie się nie powtarza. Wszystkie podziały wewnętrzne (w **diagramach strukturalnych**) odzwierciedlają indywidualne wartości statystyczne w poszczególnych miejscach na mapie.
- **Kartodiagram skokowy** można uważać za generalizację kartodiagramu ciągłego, będącą wynikiem grupowania szeregu liczbowego. Zamiast wielu diagramów o różnej wielkości pojawi się ich na mapie tyle samo, ale o ograniczonym zróżnicowaniu wielkości. Notowania indywidualne zastąpione są kilkoma przedziałami klasowymi. Podziały wewnętrzne diagramów również powinny wyrażać nie wartości procentowe, lecz ograniczoną liczbę prostych części figury, np. 1/2, 2/3, 1/4, 3/5. Im diagram jest mniejszy, tym jego wewnętrzny podział powinien być dokonany na mniej części.

Zarówno skala ciągła, jak i skokowa może być absolutną lub umowną. Przy absolutnej skali współmierność znaków jest ściśle proporcjonalna do ilościowej charakterystyki (wielkości) przedstawianych obiektów. Skala taka jest bardzo poglądowa, lecz niedogodna

63 Tamże....

64 Tamże....

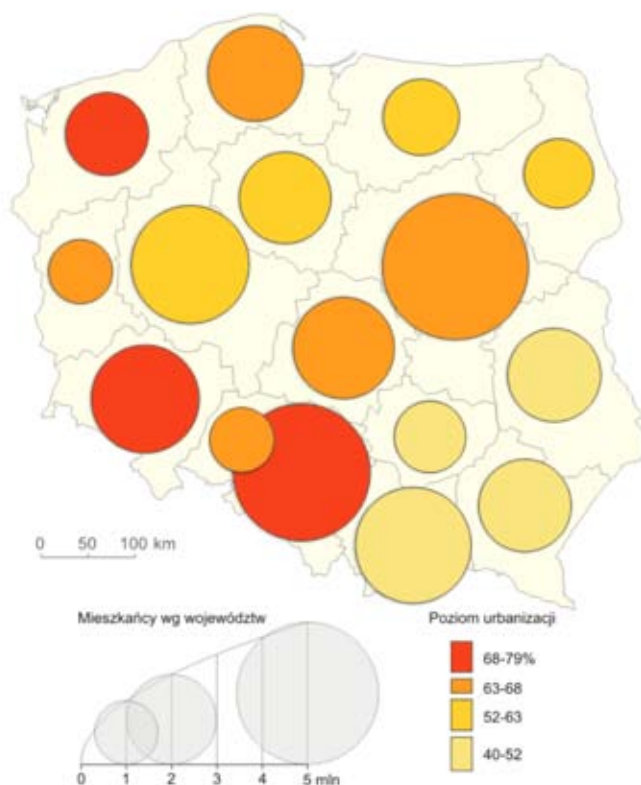
wówczas, gdy skrajne wartości kartowanych obiektów znacznie różnią się między sobą. W tym przypadku trzeba albo przyjąć dla większych obiektów zbyt duże znaki, albo dla małych zupełnie mikroskopijne. Dlatego przy dużych różnicach skrajnych wartości kartowanych obiektów stosuje się umowną współmierność według wybranego postępu wyrażającego ogólną tendencję zmian wielkości.

**Kartodiagram prosty** niezależnie od kształtu geometrycznego przedstawia jedno tylko zjawisko lub fakt, podając tylko położenie i wielkość zjawiska. Należy w miarę możliwości tak dobierać wielkość diagramów, aby uniknąć wzajemnego ich nakładania się. Gdy jednak nie jest to możliwe, wtedy stosuje się zasadę, zgodnie z którą im mniejszy diagram, tym dokładniej powinien być pokazany w całości. Diagram największy może być skryty pod diagramami mniejszymi. Zawsze jednak każdy z diagramów musi mieć łatwo czytelny i mierzalny parametr, określający jego wielkość<sup>65</sup>.

**Kartodiagram złożony** przedstawia kilka zjawisk lub faktów jednocześnie. Każde zjawisko jest wtedy przedstawione za pomocą innego rodzaju diagramu, np. jedno przez diagram kwadratowy, drugie – za pomocą diagramu kołowego, trzecie – heksagonu, albo też za pomocą takiego samego diagramu, lecz o innym kolorze lub deseni. Zwykle przedstawiany zespół zjawisk jest tak dobierany, aby miały one wszystkie jedną miarę wielkości, a więc wspólną legendę. Ten typ kartodiagramów złożonych nazywany jest **kartodiagramem jedno-miernikowym**. Jednocześnie nie jest błędem stosowanie różnych miar dla poszczególnych zjawisk (**kartodiagram wielomiernikowy**)<sup>66</sup>.

Przykład kartodiagramu złożonego kołowego prezentuje rysunek 6. Jest na nim pokazany poziom urbanizacji (zróznicowaniem kolorów) oraz liczba ludności województw. Diagramy kołowe są stosowane

Rysunek 6. Kartodiagram złożony kołowy: ludność i urbanizacja



Źródło: *Atlas metod kartograficznych*, [http://www.educarto.pl/app/index\\_pl2.php?plansza=223.1](http://www.educarto.pl/app/index_pl2.php?plansza=223.1), dostęp: 1.02.2015.

65 Tamże....

66 Tamże....

na mapach najczęściej, choć nie ma to uzasadnienia w percepcji. Poprawniejsze są kwadraty. Przy szacowaniu ich wielkości popełnia się mniejsze błędy oraz lepiej wypełniają powierzchnię mapy.

**Kartodiagram strukturalny** ukazuje jedynie różnice strukturalne reprezentowanych zjawisk. Wszystkie diagramy są jednakowej wielkości. Czytelnik mapy może wówczas skoncentrować uwagę wyłącznie na układach strukturalnych i łatwiej odczytuje udział poszczególnych elementów. W przypadku, gdy jedna figura prezentuje 100% zjawiska, jest to **kartodiagram strukturalny zwarty**. Natomiast, gdy każda z oznaczonych jednostek jest określona przez swój udział w całości przedstawianego obszaru lub gdy elementy strukturalne przedstawione są przez odpowiednie zbiory diagramów można mówić o **kartodiagramie strukturalnym rozdzielonym**<sup>67</sup>.

**Kartodiagram sumaryczny** odpowiada takiemu zbiorowi diagramów umiejscowionych na mapie, z których każdy ukazuje globalną wielkość w mierze naturalnej oraz wewnętrzną strukturę. Są to więc diagramy przedstawiające zarówno ogólną masę (sumę) przedstawianego zjawiska, jak i poszczególne elementy składające się na tę sumę.

**Kartodiagramy porównawcze** są to dwa nałożone na siebie diagramy, przy czym jeden z nich jest stałej wielkości i przedstawiony zwykle w postaci konturu. Drugi z diagramów jest zmienny zależnie od miejsca, w którym się znajduje. Kontur diagramu niezmiennego prezentuje zwykle średnią danego obszaru, wielkość optymalną, wielkość wyjściową bądź perspektywiczną. Pozwala to na prześledzenie w każdym miejscu odchyień od jednej z wymienionych wyżej wartości.

**Kartodiagram dynamiczny** pokazuje zmienność wielkości zjawiska w czasie. Powstaje przez umieszczenie wykresów liniowych lub słupków w odpowiednich miejscach na mapie.

W kartogramach liniowych istnieją dwa zasadnicze rodzaje prezentowania wartości zjawiska<sup>68</sup>:

- w pierwszym rodzaju elementem odniesienia jest jedynie kierunek (**kartodiagramy wektorowe**),
- w drugim linia jest odbiciem rzeczywistego przebiegu prezentowanego zjawiska (**kartodiagramy wstępowe**):
  - prosty jednokierunkowy,
  - prosty dwukierunkowy,
  - złożony,
  - strukturalny,
  - porównawczy.

Kartodiagramy wstępowe zachowują w miarę wiernie przebieg linii, wzdłuż której przemieszcza się dane zjawisko. Wielkość liczbową tego zjawiska jest odpowiednią grubością wstęgi. Prezentowane w ten sposób mogą być zarówno zjawiska pojedyncze oraz kilka zjawisk jednocześnie, jak też ich struktura wewnętrzna.

---

67 Tamże....

68 Tamże....

**Kartogram wektorowy zasięgowy** buduje się w ten sposób, że z danego ośrodka lub ośrodków kreśli się proste linie do innych ośrodków, z którymi istnieją określone związki. Pęk takich linii wskazuje na zasięg terytorialny tych związków. Dodatkowo każda z linii może być rozróżniana grubością, odpowiednio do natężenia zjawiska istniejącego na danym kierunku.

**Kartogram wektorowy potokowy** obrazują wektory nie mające wspólnego punktu przyłożenia. Składa się ten kartogram z potoku lub pęku strzałek odpowiednio zlokalizowanych i skierowanych. Długości i grubości strzałek są odpowiednie do wyrażonej tymi cechami wartości zjawiska<sup>69</sup>.

Rozbudowane kartodiagramy często są nazywane “infografiki”.

#### 1.13.4. Podstawowe elementy mapy i zasady kartograficzne

Podstawowe elementy mapy to:

- podkład,
- warstwy,
- skala i/lub podziałka,
- oznaczenia graficzne, sygnatury punktowe, piktogramy,
- legenda.

Pierwsza warstwa mapy, tzw. „podkład” stanowi siatkę o lokalizacyjnym układzie odniesień (takim, jak np. długość i szerokość geograficzna).

**Warstwa** to pojęcie hierarchizujące strukturę zapisu mapy cyfrowej. Warstwa obejmuje zwykle obiekty posiadające pewną cechę wspólną. Np. warstwa nosząca nazwę „budynki” zawiera dane graficzne oraz opisowe na temat wszystkich budynków i tylko budynków. Natomiast warstwa drogi może zawierać wszelkie informacje o drogach. Aby informacja była przejrzysta użytkownik może wyświetlić jedną warstwę lub nakładać na siebie dowolną liczbę warstw. Można także ustalić kolejność, w jakiej warstwy będą się wyświetlać na ekranie. Niektóre systemy umożliwiają przechowywanie w pojedynczej warstwie obiektów różnego typu, co pozwala na ograniczenie liczby warstw potrzebnych do realizacji jakiegoś zadania. Warstwa, której dotyczą analizy wykonywane na mapie, nazywana jest warstwą aktywną. Z najprostszym przypadkiem wykorzystywania warstwy aktywnej mamy do czynienia, gdy chcemy uzyskać informacje opisowe na temat wskazanego obiektu<sup>70</sup>.

Dzięki możliwości tworzenia warstw tematycznych wraz z atrybutami opisowymi, GIS mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach np. w zarządzaniu kryzysowym. Daje to możliwości nieograniczonych analiz związanych z powierzchnią ziemi, a co za tym idzie - optymalizacji działania, podejmowania efektywnych decyzji strategicznych.

W systemach GIS możemy zobrazować na podkładzie mapowym wiele elementów infrastruktury. Elementy te w systemie mogą występować w 3 głównych typach:

<sup>69</sup> Tamże....

<sup>70</sup> Litwin L., Myrda G., *Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS*, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2005, s. 42.



- obiekty punktowe, np. posterunki policji, posterunki straży pożarnej, szkoły, szpitale, ujęcia wody itp.,
- obiekty liniowe, np. drogi, linie kolejowe, linie energetyczne, wodociągi, gazociągi, rzeki i kanały itp.,
- obiekty powierzchniowe, np. obszary leśne, obszary zabudowane.

Do każdego rodzaju obiektów można dodawać różnego rodzaju atrybuty. Przykładem takich informacji może być wydajność źródła wody, liczba miejsc w szpitalu, szkole bądź hotelu itp.

Legenda mapy przedstawia wszystkie elementy składające się na treść opracowania. Na przykład, klasy obiektów:

- sieć dróg,
- koleje,
- granice administracyjne powiatów, gmin, miejscowości,
- ciek wodne,
- obszary wód powierzchniowych,
- budynki,
- tereny leśne i zadrzewione,
- granice miejscowości i części miejscowości (np. dzielnic, osiedli) i inne.

Podział dróg według kategorii zarządzania:

- krajowe,
- wojewódzkie,
- powiatowe,
- gminne,
- inne.

Klasy obiektów związanych z formami ochrony przyrody:

- parki narodowe,
- parki krajobrazowe,
- rezerваты przyrody.

Sygnatury punktowe (piktogramy) można zaprojektować w programach graficznych, np. CorelDraw (wektorowe), Adobe Photoshop (rastrowe).

Etapy tworzenia map:

- 1/ wybór odpowiedniego układu odniesienia i nadanie go mapie,
- 2/ kalibracja podkładu – dostosowanie metodą matematycznej transformacji cyfrowego obrazu rastrowego mapy analogowej do układu współrzędnych prostokątnych płaskich<sup>71</sup>,
- 3/ georeferencja,
- 4/ opracowanie danych, ich symbolizacja,
- 5/ wektoryzacja obiektów liniowych i poligonowych,
- 6/ budowa warstw referencyjnych,
- 7/ konwersja mapy zasadniczej do formatu geobazy,

---

71 Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r..., par. 2.

8/ uporządkowanie danych z mapy zasadniczej w odpowiednie warstwy, przypisanie im właściwych danych atrybutowych.

Środowisko GIS pozwala na względnie szybką aktualizację map (np. w porównaniu do map opracowanych w formacie AutoCAD). Aktualizacja może być prowadzona na podstawie pomiarów bezpośrednich, inwentaryzacji terenowych, scanningu laserowego, pomiarów GPS. Wyniki pomiarów stanowią podstawę do aktualizacji geobazy zawierającej liniową postać danych. W dalszym etapie przeprowadza się kontrolę topologiczną danych liniowych, a następnie konwertuje się do struktury poligonowej. Gotowe obiekty poligonowe są atrybutowane i symbolizowane. Ukształtowanie terenu można uzyskać z punktów wysokościowych poddanych procesowi interpolacji, a następnie utworzeniu cieniowanego modelu rzeźby terenu.

Typowe skale map: 1:10.000, 1:25.000, 1:100.000, 1:200.000, 1:500.000, 1:1.500.000, 1:2.500.000. Skalę map dostosowuje się do wymiaru arkusza. W tabeli 3 przedstawiono standardowe rozmiary arkusza papieru stosowane powszechnie w drukarniach i rysunku technicznym.

**Tabela 3.** Typowe formaty arkusza

Format A		Format B	
Symbol formatu	Wymiary arkusza, mm	Symbol formatu	Wymiary arkusza, mm
4A0	1682×2378	—	—
2A0	1189×1682	—	—
A0	841×1189	B0	1000×1414
A1	594×841	B1	707×1000
A2	420×594	B2	500×707
A3	297×420	B3	353×500
A4	210×297	B4	250×353
A5	148×210	B5	176×250
A6	105×148	B6	125×176
A7	74×105	B7	88×125
A8	52×74	B8	62×88
A9	37×52	B9	44×62
A10	26×37	B10	31×44
format DL	99×210	—	—

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury przedmiotu.

W formatach serii A i B stosunek krótszego boku do dłuższego jest zawsze jak 1 do  $\sqrt{2}$ . Taki stosunek długości boków powoduje, że po złożeniu arkusza na pół krótszymi bokami do siebie uzyskuje się dwa arkusze, o takiej samej proporcji boków, jak arkusz wyjściowy. Kolejne formaty z tych serii są tworzone przez dzielenie arkuszy w połowie ich dłuższego boku. Stąd format A1 jest połową A0, A2 połową A1 itd., jednak zawsze z zaokrągleniem do pełnych milimetrów.

Zalecenia opracowania map:

- umieszczenie podstawowych danych topograficznych, takich jak sieć kolei, cieków wodne, obszary wód powierzchniowych ułatwia orientację na mapie,
- informacje o numerach dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych,
- zróżnicowanie nazewnictwa (opisy różnej wielkości, podkreślenia, obramowania),
- zastosowanie szrafur do wyróżnienia obiektów powierzchniowych,
- zastosowanie efektu przezroczystości.

Zgodnie z zasadami kartograficznymi, na mapach można umieścić siatkę kilometrową (dla skali 1:25.000 – o interwale wynoszącym 1 km).

Przy doborze kolorystyki map istotne jest, aby warstwy tematyczne komponowały się z pozostałą treścią map tak, żeby zachować ich czytelność.

## 1.14. Aspekty ekonomiczne wdrożenia technologii GIS

Ogólnie, stosowanie technologii informatycznych pozwala obniżyć koszty działalności. Przy czym, maksymalizacja korzyści z działalności jest celem ekonomicznym funkcjonowania podmiotów gospodarczych. W sektorze publicznym natomiast maksymalizowana jest funkcja celów w postaci usług publicznych, jakie dana instytucja publiczna świadczy społeczeństwu. Dąży się więc do zwiększania skuteczności realizacji zadań wyznaczonych instytucjom państwowym. Jak zauważa M. Kachniarz, orientacja sektora publicznego na wzrost efektywności świadczonych usług publicznych jest obecnie ważnym kierunkiem działań zarządzania publicznego<sup>72</sup>. Rola państwa jako instytucji, nie może obecnie polegać wyłącznie na administrowaniu sprawami, lecz coraz bardziej na rozwiązywaniu problemów<sup>73</sup>.

Technologia GIS pozwala zwiększyć efektywność ekonomiczną działalności. W przypadku sektora prywatnego stosowane są wybrane, ściśle powiązane z profilem działalności gospodarczej funkcjonalności oprogramowania GIS. W sektorze publicznym natomiast są opracowywane największe projekty GIS, geoportale, infrastruktura informacji przestrzennej, systemy informacji przestrzennej jednostek administracyjno-terytorialnych, tematyczne bazy danych przestrzennych itd. Dostęp do produktów tych projektów z reguły jest powszechny i nieodpłatny.

Korzyści z wdrożenia technologii GIS i rozwoju systemów informatycznych opartych o tę technologię dotyczą różnych aspektów działalności. Do najczęściej wymienianych korzyści można zaliczyć:

- zwiększenie efektywności wykonywania bieżących i planowanych zadań,

---

72 Nt. efektywności świadczenia usług publicznych na poziomie jednostek samorządowo-terytorialnych zob. szerzej: Kachniarz M., *Efektywność usług publicznych – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2012.

73 Hausner J., *Zarządzanie publiczne. Podręcznik akademicki*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa 2008, s. 426.

- zmniejszenie kosztów działalności poprzez zwiększenie wydajności pracy związanej m.in. z automatyzacją procesów analizowania i wizualizacji danych przestrzennych,
- eliminowanie zjawiska gromadzenia tych samych danych przez różne podmioty,
- poprawa efektywności komunikowania się,
- budowanie zasobu wiedzy.

Z kolei koszty GIS można podzielić na grupy:

- koszty budowy i wdrożenia,
- koszty utrzymania,
- koszty rozwoju systemu.

W tabeli 4 i na rysunku 7 pokazano szacunkowy rozkład kosztów wdrożenia i utrzymania systemu informacji przestrzennej w okresie dziesięcioletnim.

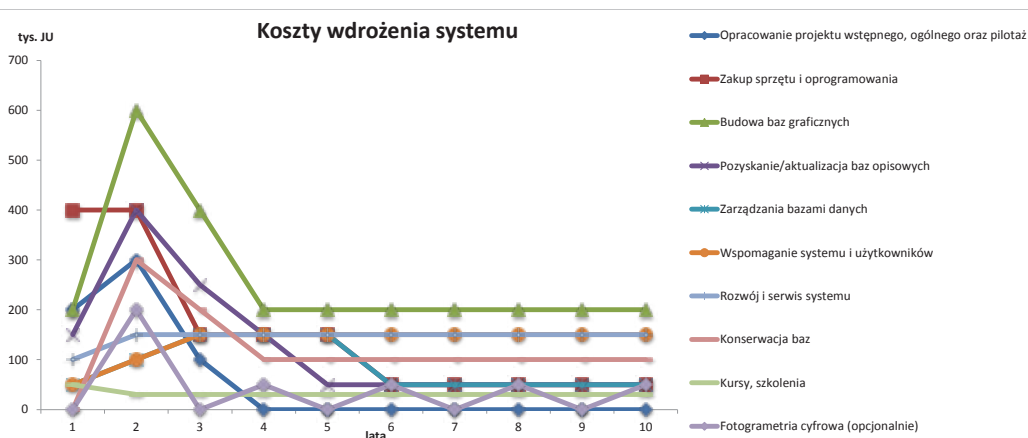
**Tabela 4.** Przykład rozłożenia kosztów wdrożenia systemu GIS w okresie dziesięcioletnim (w jednostkach umownych)

Działania	Lata										Suma
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Opracowanie projektu wstępnego, ogólnego oraz pilotaż	200	300	100	0	0	0	0	0	0	0	600
Zakup sprzętu	400	400	150	150	150	50	50	50	50	50	1500
Budowa baz graficznych	200	600	400	200	200	200	200	200	200	200	2600
Pozyskanie/aktualizacja baz opisowych	150	400	250	150	50	50	50	50	50	50	1250
Zarządzania bazami danych	50	100	150	150	150	50	50	50	50	50	850
Wspomaganie systemu i użytkowników	50	100	150	150	150	150	150	150	150	150	1350
Rozwój i serwis systemu	100	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1450
Konserwacja baz	0	300	200	100	100	100	100	100	100	100	1200
Kursy, szkolenia	50	30	30	30	30	30	30	30	30	30	320
Fotogrametria cyfrowa (opcjonalnie)	0	200	0	50	0	50	0	50	0	50	400
Suma	1200	2580	1580	1130	980	830	780	830	780	830	11520

Źródło: Woźniak J. Wykłady z geodezji...

Typowe wdrożenie systemu GIS pozwala uzyskać oszczędności od 10 do 30 procent na kosztach operacyjnych. Wynika to m.in. ze zmniejszenia zużycia paliwa, czasu pracy załogi, poprawy obsługi klienta, bardziej efektywnego planowania.

**Rysunek 7.** Szacunkowy koszt wdrożenia GIS (w jednostkach umownych)



Źródło: Woźniak J. Wykłady z geodezji...

## 1.15. Oprogramowanie GIS

### 1.15.1. Funkcje i funkcjonalności aplikacji GIS

GIS jest zestawem narzędzi do przetwarzania informacji przestrzennych – geoprzetwarzania. Na rynku jest coraz więcej firm, które dostarczają rozwiązania informatyczne do zarządzania informacją przestrzenną i techniczną oraz przetwarzania danych. W standardowej ofercie takich firm jest m.in.:

- budowa systemów informacji przestrzennej i technicznej,
- tworzenie baz i hurtowni danych przestrzennych,
- zasilanie systemów informatycznych w dane,
- rozwój dedykowanego oprogramowania,
- wdrażanie systemów wspomagających podejmowanie decyzji,
- dostarczanie rozwiązań sprzętowych w ramach realizowanych projektów,
- wszechstronne doradztwo i szkolenia.

Dostępne na rynku oprogramowanie jest zróżnicowane zarówno pod względem postaci, jak i zakresu oferowanych funkcji programu. Cechą wspólną jest jednak występowanie w nim stałej grupy funkcji charakterystycznych dla tego typu oprogramowania.

Ogólnie, wszystkie funkcje oferowane przez oprogramowanie systemu informacji przestrzennej możemy podzielić na cztery zasadnicze grupy<sup>74</sup>:

- 1/ wprowadzanie,
- 2/ zarządzanie,
- 3/ przetwarzanie,
- 4/ udostępnianie danych geoprzestrzennych.

Do oprogramowania GIS można zaliczyć każdy program zawierający ww. funkcje. Oprogramowanie GIS staje się coraz bardziej wyspecjalizowanym produktem przemysłu komputerowego, zawierającym szereg aplikacji, często specjalnie zaprojektowanych na potrzeby konkretnej branży (administracji, przemysłu, transportu). Zasadniczo oprogramowanie GIS podzielić można na komercyjne i niekomercyjne<sup>75</sup>.

Konieczność zakupu danego programu nie zawsze wiąże się jednak z jego jakością. Okazuje się bowiem, że w niektórych przypadkach oprogramowanie niekomercyjne daje większe możliwości niż komercyjne. Zasadnicza różnica między obydwoimi typami polega także na łatwości obsługi. Oprogramowanie niekomercyjne ma często gorszy i mniej intuicyjny interfejs użytkownika, choć i ta cecha nie jest regułą. Istotną kwestią, której nie sposób pominąć, jest możliwość wzajemnej współpracy oprogramowania. GIS jest dziedziną rozwijającą się bardzo dynamicznie. Spowodowało to, że w chwili obecnej istnieje ponad sto formatów danych rastrowych, wektorowych i bazodanowych. Sprawia to niejednokrotnie problemy z transferem plików i projektów pomiędzy poszczególnymi aplikacjami. Standaryzacja prowadzona przez organizację OGC (*Open Geospatial Consortium*)<sup>76</sup> poprawia stopniowo tę sytuację, i wprowadzone przez nią standardy są już w wielu przypadkach faktem. Szerokie spektrum zastosowań programów GIS sprawia, że nie wszystkie operacje można wykonać w nawet szeroko rozbudowanych aplikacjach. Stwarza to nie raz konieczność stosowania rozszerzeń, dodatkowych modułów lub nawet odrębnych programów. Innym sposobem zwiększenia funkcjonalności danego programu jest możliwość pisania własnych skryptów. Wymaga to posiadania pewnych umiejętności z zakresu programowania, choć niektóre programy posiadają tzw. edytory skryptów, które nieco ułatwiają ich tworzenie. Inną ewidentną różnicą pomiędzy oprogramowaniem komercyjnym i niekomercyjnym jest wsparcie użytkownika ze strony producenta. Dużą przewagę ma tutaj oprogramowanie odpłatne, którego producenci oferują rozbudowaną pomoc techniczną, liczne samouczki i literaturę przedmiotu, a także regularne aktualizacje. Brak takiego wsparcia w przypadku oprogramowania niekomercyjnego często stanowi poważną przeszkodę w jego użytkowaniu<sup>77</sup>.

74 Systemy informacji o terenie, [http://www.gis.lublin.pl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=2](http://www.gis.lublin.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=2), dostęp: 25.11.2014.

75 Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/oprogramowanie-gis.html>, dostęp: 25.11.2014.

76 Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org/>

77 Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/oprogramowanie-gis.html>, dostęp: 25.11.2014.

Główne funkcjonalności programów GIS, niezależnie od producenta czy oprogramowania, dotyczą głównie zarządzania dużą ilością danych (przestrzennych), w tym:

- tworzenia i edycji danych (budowa i rozszerzanie bazy danych),
- gromadzenia dużej ilości danych,
- przeglądania i zapisywania metadanych,
- wizualizacji złożonych danych,
- integracji danych z różnych źródeł, m.in. dokumentacji geodezyjnej, architektonicznej, konserwatorskiej, archiwalnej,
- transformacji (np. przekształcenie układu współrzędnych),
- zapytania atrybutowe i przestrzenne (wyniki selekcji danych),
- analiz przestrzennych (uzyskiwanie nowej informacji z oryginalnych danych),
- tworzenie inteligentnych map, drukowanie map w wymaganej skali,
- uzyskanie danych opisowych po wskazaniu obiektu na mapie,
- prezentacja danych opisowych z bazy danych dot. dowolnego obiektu.

Oprogramowanie GIS dynamicznie się rozwija, rosną możliwości zarządzania i udostępniania danych przestrzennych poprzez Internet. Obecne systemy informacji przestrzennej pozwalają na integrację m.in. dokumentacji geodezyjnej, architektonicznej, konserwatorskiej, archiwalnej; gromadzenie i wizualizację dużej liczby danych. Szybko rozwija się bezpłatne oprogramowanie GIS, rosną możliwości zarządzania i udostępniania danych przestrzennych poprzez Internet.

### 1.15.2. Rodzaje oprogramowania GIS

Oprogramowanie GIS można podzielić w następujący sposób<sup>78</sup>:

- *Desktop GIS* – programy używane do tworzenia, edycji, zarządzania, analizowania i wyświetlania danych geoprzestrzennych. Są one niekiedy sklasyfikowane w trzech kategoriach funkcjonalności: GIS Viewer, GIS Editor i GIS Analyst.
- Oprogramowanie dedykowane, np. oprogramowanie geodezyjne (prowadzenie Ewidencji Gruntów i Budynków oraz mapy zasadniczej)
- DBMS (*database management system*) – przestrzenne systemy zarządzania bazami danych; są używane do przechowywania danych, ale często również do analizy i zarządzania danymi.
- Serwery mapowe (WebMap) – oprogramowanie do wyświetlania i dystrybucji map w Internecie.
- Server GIS – funkcje podobne, jak desktop GIS, tylko online.
- WebGIS i Geoportale – programy służące do wyświetlania danych, a także zawierające funkcje analizy i zapytań przez przeglądarki internetowe, np. Google Maps – funkcje wyświetlania i zapytań, również tworzenie i edycja danych (budowa własnych map).
- Mobile GIS – mobilne aplikacje mapowe dla telefonów komórkowych i komputerów przenośnych.

78 Por.: tamże...

Przyjmując jako kryterium rodzaj użytkownika, systemy informacji przestrzennej możemy podzielić na kategorie<sup>79</sup>:

- *professional GIS*,
- *desktop GIS*,
- *business GIS*.

Systemy typu *professional* posiadają zaawansowane funkcje do przetwarzania danych przestrzennych, np. konwersja danych wektorowych na rastrowe, tworzenie wysokiej jakości map oraz przetwarzanie bardzo dużych ilości danych. Posiadają względnie dużo funkcji w standardzie oraz są przeznaczone do jak największego bezpieczeństwa pracy oraz wydajności. Przykładowe produkty to ArcInfo oraz Geomedia Professional<sup>80</sup>.

Systemy typu *desktop GIS*, są proste w obsłudze o wysokiej funkcjonalności oraz są najliczniejsze na rynku GIS. Są to systemy z reguły nie wymagające specjalistów. Wystarczy przeszkolona osoba ze znajomości danego produktu. Są projektowane do jak najbardziej uniwersalnych, pod względem możliwości zastosowań i są łatwe w obsłudze. Przykładowy produkt to MapInfo. Program ten pozwala na tworzenie geograficznych baz danych oraz umożliwia prowadzenie ich analiz. Wyposażony jest we wszystkie narzędzia niezbędne do tworzenia i edytowania warstw. Dzięki możliwości importu można korzystać z różnych baz danych. Dostępnych jest wiele dodatkowych rozszerzeń, oraz niezależnych komponentów umożliwiających dostosowanie systemu do własnych potrzeb<sup>81</sup>.

Produktem ESRI klasy *desktop* jest ArcGIS.

Programy typu *business* są wykorzystywane głównie w marketingu jako narzędzia do podejmowania decyzji. Są wyposażone w proste funkcje do analizy danych. Nie posiadają funkcji uniwersalnych i mogą być obsługiwane przez osoby nie zaznajomione z tematyką GIS. Przykład takiego oprogramowania opisano w punkcie *Location Intelligence*.

### 1.15.3. Oprogramowanie ESRI

Wiodącą pozycję na rynku oprogramowania zajmuje firma ESRI. Jej sztanदारowy produkt – system ArcGIS można wykorzystywać do projektów indywidualnych i również tworzyć system wielodostępny dla całych organizacji oraz firm. System ten składa się z 3 podstawowych aplikacji; ArcCatalog, ArcMap oraz ArcTools. Oprogramowanie jeszcze jest dostępne wyłącznie w wersji 32-bitowej. Jest opracowana wersja 64-bitowa ArcGIS. Oprogramowanie firmy Esri jest w pełni zintegrowane z ENVI 5.2 – najnowszą wersją programu do przetwarzania i rozpoznawania zobrażeń firmy EXELIS.

ESRI ArcInfo jest produktem rozwijanym od wielu lat, uznanym na całym świecie. Zawiera setki narzędzi, które zostały umieszczone w wielu modułach. Sercem ArcInfo jest jego georelacyjny model danych, umożliwiający przechowywanie dowolnych typów danych geograficznych, wspomagany przez funkcje umożliwiające realizację dowolnego

79 Litwin L., Myrda G., *Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS...*, s. 230.

80 Tamże..., s. 230.

81 Tamże..., s. 234.



zadania w zakresie obsługi mapy cyfrowej, czyli: wprowadzania i edycji danych, dokonywania analiz przestrzennych różnych modeli map, wizualizacji i drukowania wysokiej jakości map, konwersji danych w różnych formatach. Środowiskiem pracy może być Windows, jak i Unix<sup>82</sup>.

Opcjonalne rozszerzenia tego programu:

- ArcGIS Spatial Analyst,
- ArcGIS 3D Analyst,
- ArcGIS ArcScan,
- ArcGIS Network Analyst,
- ArcGIS Geostatistical Analyst,
- ArcGIS Survey Analyst,
- ArcGIS StreetMap Europe ArcGIS StreetMap USA,
- ArcGIS Tracking Analyst,
- ArcGIS Schematics – automatyczne generowanie schematów,
- ArcGIS Publisher,
- ArcPress for ArcGIS,
- Maplex for ArcGIS.

Oprogramowanie Esri Maps for Office umożliwia tworzenie map na podstawie danych z Excela. Program wymaga zainstalowanego wcześniej ArcGIS Online, a także Microsoft Office 2010 lub nowsze.

#### 1.15.4. Geomedia

Geomedia pozwala analizować i wizualizować dane z wielu baz danych w jednym środowisku bez konieczności ich importu. Oprogramowanie pozwala na stworzenie własnego projektu. Dane przestrzenne z różnych projektów mogą być dołączane do wspólnej przestrzeni geograficznej i tam mogą być wspólnie wyświetlane i analizowane. Dostępnych jest wiele rozszerzeń rozbudowujących możliwości systemu w określonym kierunku<sup>83</sup>.

#### 1.15.5. Aplikacje geoprzestrzenne Bentley

**Bentley Systems** to producent środowisk graficznych wspomagających zarządzanie infrastrukturą techniczną i przestrzenną. Specjalizuje się w następujących obszarach:

- produkty geoprzestrzenne: Bentley Map SS4, PowerMap, Descartes, I/RAS B,
- produkty serwerowe: ProjectWise, Geospatial Server, GeoWeb Publisher, SelectServer,
- produkty platformowe – MicroStation, PowerDraft, Redline, View,
- produkty dla inżynierii lądowej – InRoads, PowerCivil, GeoPAK, RailTrack (InRail).

Rozwiązania Bentley są wykorzystywane na całym świecie przez:

- jednostki administracji,

82 Tamże..., s. 230.

83 Tamże..., s. 233.

- agendy rządowe,
- firmy zarządzające sieciami.

Główne obszary zastosowań obejmują:

- opracowywanie map geodezyjnych kartograficznych i tematycznych,
- paszportyzację sieci i urzędzeń,
- planowanie przestrzenne,
- rozwój infrastruktury,
- projektowanie prac publicznych,
- roboty modernizacyjne,
- ewidencję gruntów i budynków,
- zarządzanie nieruchomościami i majątkiem ruchomym,
- wycenę nieruchomości,
- taksacje podatkowe,
- ewidencje i kontrole zjawisk mających odniesienie przestrzenne.

Aplikacje geoinżynierskie pozwalają na konwersję i opracowanie danych rastrowych, tworzenie map, wizualizację i analizy przestrzenne. Zintegrowany charakter wszystkich aplikacji oferowanych przez Bentley Inc. pozwala na prowadzenie projektów architektonicznych, budowlanych, inżynierskich i geoinżynierskich w ramach jednego środowiska i bazowanie na jednej strukturze danych.

Podstawowe produkty linii GEO to:

- MicroStation GeoGraphics – pozwala na wprowadzanie, edycję, aktualizację i integrację danych inżynierskich i mapowych oraz budowę kompleksowych systemów informacji i analiz przestrzennych. Pozwala na bezpośredni zapis wszystkich danych do relacyjnych baz danych np. Oracle.
- Bentley PowerMap samodzielne narzędzie do wspomaganie decyzji oraz wprowadzania i aktualizacji danych z systemów mapowych i GIS.
- Bentley Descartes rozwiązanie do pełnej obróbki kolorowych rastrów, kalibracji, edycji, uszlachetniania, wektoryzacji i wizualizacji.
- Bentley I/RAS B narzędzie do czyszczenia i archiwizacji skanowanej dokumentacji technicznej z możliwościami wektoryzacji<sup>84</sup>.

Specjalistyczne aplikacje Bentleya rozszerzają możliwości MicroStation oferując zestawy narzędzi i rozwiązań niezbędnych w pracach architektonicznych i inżynierskich:

- Mapy i GIS,
- Infrastruktura Transportu,
- Przemysł,
- Zarządzanie aktywami,
- Architektura i Budownictwo.

Cechą oprogramowania Bentley jest nie narzucanie swoich standardów zapisu plików oraz wydajne narzędzia do edycji danych, możliwość eksportu kompozycji mapowych (jako \*.dgn).

---

84 SHH Sp. z o.o., [http://www.shh.pl/mapa\\_gis.dhtml](http://www.shh.pl/mapa_gis.dhtml), dostęp: 1.10.2014.

### 1.15.6. Quantum GIS

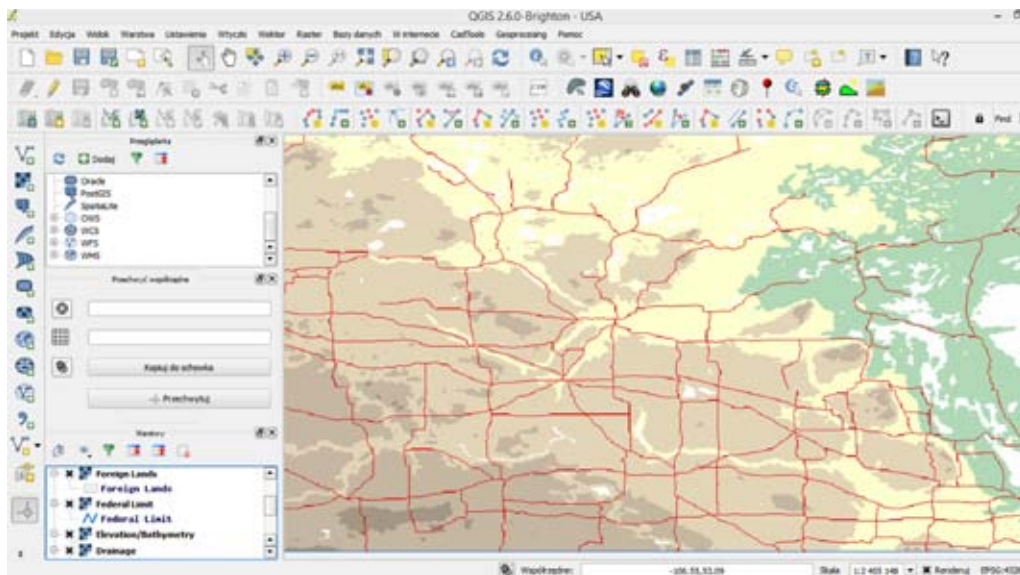
QGIS jest oficjalnym projektem *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) licencjonowanym na warunkach GNU (*General Public License*). Oznacza to, że kod źródłowy programu jest dostępny publicznie i może być modyfikowany przez użytkowników. Licencja GPL wymaga jednak, aby modyfikacje programu były również dostępne. Zabronione jest natomiast tworzenie „zamkniętej” wersji QGIS. W Polsce QGIS jest rozwijany przez wolontariuszy w ramach Stowarzyszenia OSGeo Polska.

Program można pobrać ze strony OSGeo<sup>85</sup>. Jest on przeznaczony do tworzenia, edytowania, wizualizacji, analizy i publikacji informacji przestrzennych. Działa na systemach operacyjnych Windows, Mac OSX, Linux, Unix i Android. Obsługuje wiele funkcji i formatów wektorowych, rastrowych i bazodanowych.

W ramach projektu QGIS rozwijane są podprojekty:

- program QGIS – jest aplikacją klasy *desktop* (rysunek 8),
- biblioteka QGIS – jest to biblioteka w języku C++ zawierająca rdzeń logiki do budowy interfejsu użytkownika QGIS oraz aplikacji pochodnych (rysunek 9),
- QGIS Mapserver – jest aplikacją serwerową zbudowaną w oparciu o Bibliotekę QGIS, udostępnia projekty QGIS (\*.qgs) za pośrednictwem usługi WMS.

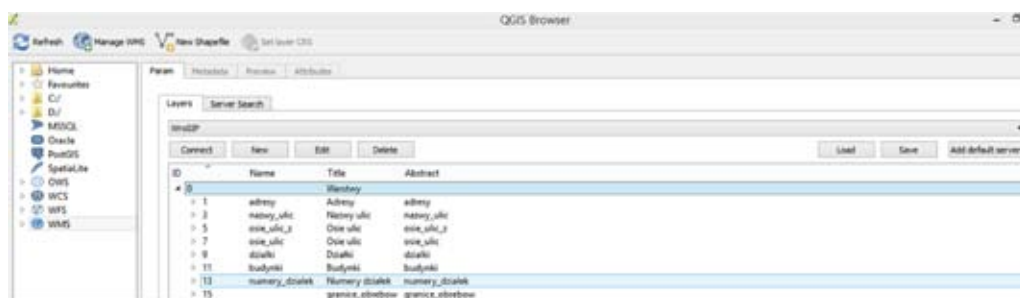
Rysunek 8. Wizualizacja fragmentu mapy USA w Quantum GIS



Źródło: opracowanie własne.

85 QGIS. Wolny i otwarty system informacji geograficznej, <http://qgis.org>, dostęp: 28.11.2014.

Rysunek 9. Widok połączenia z serwisem WroGIS w QGIS Browser



Źródło: opracowanie własne.

Quantum GIS posiada wiele funkcji, które mają zaawansowane programy tego typu, np. ArcGIS. Funkcje tego programu są rozwijane od wielu lat, co czyni go konkurencyjnym programem dla profesjonalnych programów tego typu. Posiada on liczne funkcjonalności specjalistyczne związane z możliwością programowania przez użytkowników nowych funkcji. Podstawowe funkcjonalności QGIS:

- wczytywanie danych wektorowych i rastrowych,
- wektoryzacja i edycja danych,
- przetwarzanie i zarządzanie danymi, analizy przestrzenne,
- wyświetlanie i edycja danych PostGIS,
- wyświetlanie danych z serwerów WMS (sieciowy obraz rastra) i WFS (sieciowa mapa wektorowa),
- współpraca z innymi programami Open Source, takimi jak: GRASS, PostGIS, PostgreSQL, Map-Server.

QGIS udostępnia system wtyczek, które rozszerzają liczbę jego funkcji. Standardowo z instalacją dostarczane są wtyczki dostępne w menu Wtyczki->Zarządzaj wtyczkami. Dodatkowo dostępne są wtyczki udostępniane przez społeczność QGIS, które można doinstalować według potrzeb<sup>86</sup>.

Aby zainstalować wtyczkę należy:

- pobrać ją z repozytorium,
- włączyć w menu „Zarządzaj wtyczkami”,
- użyć – wyświetla się w menu „Wtyczki” jako funkcja „Naprawa kodowania shapefile”.

Podstawową funkcją programu jest tworzenie nowych punktów na mapie z możliwością przypisywania im atrybutów. Funkcja ta umożliwia opracowanie np. bazy materiałowo-sprzętowej wraz z danymi teleadresowymi oraz dodawanie innych atrybutów. Można w ten sposób przygotować mapy tematyczne, np. mapy zawierające dane na temat występujących zagrożeń lub innego rodzaju obiektów, takich jak infrastruktura krytyczna.

86 QGIS. Wolny i otwarty system informacji geograficznej....

Spośród nowych rodzajów obiektów na mapie można wybrać linie, poligony lub punkty, które mogą oznaczać np. posterunki policji, straży pożarnej, szpitale i inne obiekty, które mogą być przydatne do podejmowania decyzji. Tworząc punkty przedstawiające np. straż pożarną można dopisać atrybuty do tych obiektów<sup>87</sup>.

Program ma ograniczone możliwości, np. w zakresie opracowywania kartodiagramów w porównaniu nawet z średnio zaawansowanymi pakietami komercyjnymi, np. MapInfo.

### 1.15.7. MapViewer

Jest to komercyjny program graficzny do tworzenia map tematycznych, na których dane liczbowe są połączone z obiektem na mapie. Obiektem tym najczęściej jest obszar, ale może też być punkt lub linia. Program dostarczany jest przez producenta z zestawem map bazowych, które w wersji standardowej nie obejmują szczegółów podziału administracyjnego Polski.

MapViewer może np. zobrazować regiony sprzedaży, obszary strategii marketingowych czy rozkłady danych demograficznych; może przedstawić dane ekologiczne lub geologiczne, ale też geograficznie rozłożony dowolny parametr, jak np. liczbę telefonów komórkowych na jednego mieszkańca w gminie, liczbę zachorowań na gripę w poszczególnych powiatach i jej związek z liczbą sprzedanych szczepionek przeciw grypie.

MapViewer został wyposażony w szereg procedur z zakresu analizy przestrzennej<sup>88</sup>:

- zapytania do bazy – selekcja obiektów mapy w oparciu o ustalone kryteria,
- pomiary odległości: ręczny pomiar odległości, długość trasy, tabelaryczny układ odległości między punktami, wybór najkrótszej trasy, najbliższy sąsiad w zbiorze punktów,
- definiowanie stref buforowych i regionów – definiowane obszary, do których mogą być między innymi ograniczone zapytania kierowane do bazy celem selekcji rekordów.

Wszystkie procedury analizy przestrzennej dostępne są w pozycji *Analysis* menu głównego.

Technologię GIS charakteryzuje otwartość na integrację z innymi systemami. Kluczową rolę w obszarze zarządzania informacją przestrzenną odgrywa otwarty standard zapisu danych. Wygodna nawigacja, skalowalność, modularność, obiektowe zorientowanie rozwiązań są ważne przy podejmowaniu decyzji o wyborze konkretnego oprogramowania.

Oprogramowanie **GeoArchiwum** firmy Ricoh<sup>89</sup> przeznaczone do skanowania operatów geodezyjnych i map pozwala na integrowanie skanowanych dokumentów (repozytorium) z innymi bazami danych. Tworzone pliki \*.tiff, \*.jpg, \*.pdf mogą być importowane do systemu kartograficznego według oznaczeń układów współrzędnych skanowanych map (kalibracja w PUWG, georeferencja).

87 Istnieje sporo podręczników, tutoriali do samodzielnej nauki QGIS, zob. np.: Iwańczak B., *Quantum GIS. Tworzenie i analiza map*, Helion, Gliwice 2013.

88 MapViewer, Gambit®, <http://www.mapviewer.pl/>, dostęp: 26.11.2014.

89 Ricoh Polska Sp. z o.o., [www.ricoh.pl](http://www.ricoh.pl)

### 1.15.8. Certyfikacja kompetencji GIS

Certyfikat **EPP GIS** (*Endorsed Product Program Geographical Information System*) jest dokumentem potwierdzającym, że jego posiadacz zdobył i potrafi praktycznie wykorzystać określoną wiedzę w zakresie systemów informacji geograficznej. Do otrzymania certyfikatu niezbędne jest pozytywne zaliczenie egzaminów z trzech modułów tematycznych<sup>90</sup>:

1/ Podstawy kartografii z elementami geodezji – m.in. podstawowe pojęcia, znajomość najpopularniejszych systemów odniesienia, układów współrzędnych i definicji współrzędnych itp.

2/ Podstawy GIS – pojęcie modeli danych służących reprezentacji obiektów świata rzeczywistego w GIS, pojęcie topologii i analiz przestrzennych oraz znajomość najważniejszych formatów plików, które stosuje się do zapisu danych wektorowych i danych rastrowych.

3/ Oprogramowanie GIS – sprawdzenie praktycznych umiejętności kandydata w zakresie zastosowania oprogramowania *desktop* GIS.

Certyfikat stanowiący potwierdzenie posiadanych kompetencji z zakresu wykorzystania danych przestrzennych oraz systemów informacji geograficznej, jest wydawany niezależnie od producentów oprogramowania GIS. Przy zdawaniu egzaminów z kolejnych modułów nie jest wymagane konkretne oprogramowanie.

Certyfikacją EPP GIS w Europie oraz zapewnieniem porównywalnego i wysokiego poziomu egzaminów zajmuje się Fundacja ECDL (*European Computer Driving Licence Foundation Ltd.*) z siedzibą w Dublinie. W Polsce fundacja ma swoje biuro w Warszawie. Certyfikat EPP GIS jest wydawany wspólnie przez fundację oraz przez Polskie Towarzystwo Informatyczne (PTI).

## 1.16. Infrastruktura informacji przestrzennej

### 1.16.1. Pojęcie i elementy krajowej infrastruktury informacji przestrzennej

Wobec powszechności stosowania technologii GIS, a zarazem wobec żywiołowości tego procesu, konieczne jest jednak zdefiniowanie pewnych standardów w zakresie wytwarzania danych przestrzennych, ich dystrybucji i interoperacyjności systemów (oznaczającej ich współdziałanie w zakresie dostępu do danych i możliwości wykonywania analiz przestrzennych w różnych systemach). Z zagadnieniem tym wiąże się pojęcie **infrastruktury danych przestrzennych** (*Spatial Data Infrastructure* – SDI) – opisane metadanymi zbiory danych przestrzennych oraz dotyczące ich usługi, środki techniczne, procesy i procedury, które są stosowane i udostępniane przez współtworzące infrastrukturę informacji przestrzennej organy wiodące, inne organy administracji oraz osoby trzecie<sup>91</sup>.

90 ECDL Polska, [https://ecdl.pl/epp\\_gis](https://ecdl.pl/epp_gis), dostęp: 29.11.2014.

91 *Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej...*, art. 3.

W zależności od rozległości terenu, dla którego tworzy się infrastrukturę danych przestrzennych, można wyróżnić infrastruktury: lokalną, regionalną, krajową, międzynarodową, globalną.

Infrastruktura danych przestrzennych obejmuje zatem powiązane ze sobą, zdolne do współdziałania systemy i bazy danych przestrzennych zawierające dane i metadane o odpowiedniej treści i jakości, technologie teleinformatyczne i geoinformacyjne stosujące powszechnie akceptowane standardy, przepisy prawne, struktury organizacyjne, rozwiązania ekonomiczne oraz twórców i użytkowników geoinformacji<sup>92</sup>.

Jedną z podstawowych zasad tworzenia i użytkowania infrastruktury informacji przestrzennej jest **interoperacyjność zbiorów i usług danych przestrzennych** – możliwość łączenia zbiorów danych przestrzennych oraz współdziałania usług danych przestrzennych, bez powtarzalnej interwencji manualnej, w taki sposób, aby wynik był spójny, a wartość dodana zbiorów i usług danych przestrzennych została zwiększona<sup>93</sup>.

W Polsce rozwija się **Krajowa Infrastruktura Informacji Przestrzennej** (KIIP), która obejmuje<sup>94</sup>:

- przepisy prawne i techniczne zharmonizowane z dyrektywą europejską,
- rozwiązania ekonomiczne,
- struktury organizacyjne,
- technologie teleinformatyczne i geoinformacyjne wykorzystujące standardy międzynarodowe,
- powiązane ze sobą, zdolne do współdziałania systemy i bazy danych przestrzennych zawierające dane i meta dane o odpowiedniej treści i jakości, a w szczególności dane i metadane określone specyfikacjami dyrektywy,
- środowiska producentów i użytkowników geoinformacji.

Najważniejszym elementem KIIP jest **Krajowy System Informacji Geograficznej** (KSIG) – rejestr państwowy, który stanowią standaryzowane bazy danych referencyjnych, zawierające informacje o obiektach znajdujących się na i pod powierzchnią Ziemi, wraz z określeniem ich położenia, zlokalizowanych na obszarze kraju, a także procedury i techniki służące systematycznemu zbieraniu, aktualizowaniu, przetwarzaniu i udostępnianiu danych.

Struktura organizacyjna KSIG budowana jest na trzech poziomach<sup>95</sup>:

- krajowym – przez Głównego Geodetę Kraju w oparciu o Bazę danych ogólnogeograficznych w skali 1: 250.000,
- wojewódzkim – przez marszałków województw – w oparciu o TBD w skali 1:10.000 i VMap 2 w skali 1:50.000.
- powiatowym – przez starostów – w oparciu o ewidencję gruntów.

92 Gotlib D., Olszewski R., *Infrastruktura danych przestrzennych*, <http://geoforum.pl/?menu=46814,46841&link=gis-sdi>, dostęp: 22.11.2014.

93 *Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej...*, art. 3.

94 Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/krajowy-system-informacji-przestrzennej.html>, dostęp: 25.11.2014.

95 Tamże...

Cele KSI<sup>96</sup>:

- budowa i utrzymanie ładu przestrzennego i ładu ekologicznego,
- zaspokojenie potrzeb informacyjnych obywateli i instytucji wspomaganie funkcjonowania administracji publicznej,
- wspomaganie zarządzania w sytuacjach kryzysowych,
- na etapie realizacji: tworzenie baz danych przestrzennych, budowa infrastruktury danych przestrzennych.

Komponenty KSI<sup>97</sup>:

- VMAP2 (rozdział 3),
- TDB,
- mapy topograficzne 1:50.000, 1:10.000,
- BDOT500,
- ORTO,
- mapa zasadnicza,
- EGIB.

**Baza danych ogólnogeograficznych (BDO)** w skali 1:250.000 udostępnia dane referencyjne o stopniu szczegółowości dogodnym do budowy systemów regionalnych, ponadregionalnych i ogólnokrajowych, tworzy warunki do integracji systemów informacji przestrzennej budowanych w kraju, umożliwia włączenie się Polski do realizacji przedsięwzięć w ramach europejskiej i światowej infrastruktury danych przestrzennych.

Struktura informacyjna BDO<sup>98</sup>:

- podział administracyjny,
- pokrycie terenu,
- rzeźba terenu,
- osadnictwo i obiekty antropogeniczne,
- transport,
- obszary chronione,
- nazwy geograficzne.

**Baza danych topograficznych (TBD)** to system gromadzenia, zarządzania i udostępniania danych topograficznych (odpowiadający skali 1:10.000) funkcjonujący w oparciu o właściwe przepisy prawne. Obejmuje zarówno zasób danych, system informatyczny zarządzania danymi jak i odpowiedni system finansowania i organizacji. Zakres informacyjny i funkcjonalny oraz poziom technologiczny definiują wytyczne techniczne TBD. Komponenty bazy danych obiektów topograficznych<sup>99</sup>:

- TBD,
- mapa drukowana,
- wektorowa baza danych,
- ortofotomapa,

---

96 Tamże...

97 Tamże...

98 Tamże...

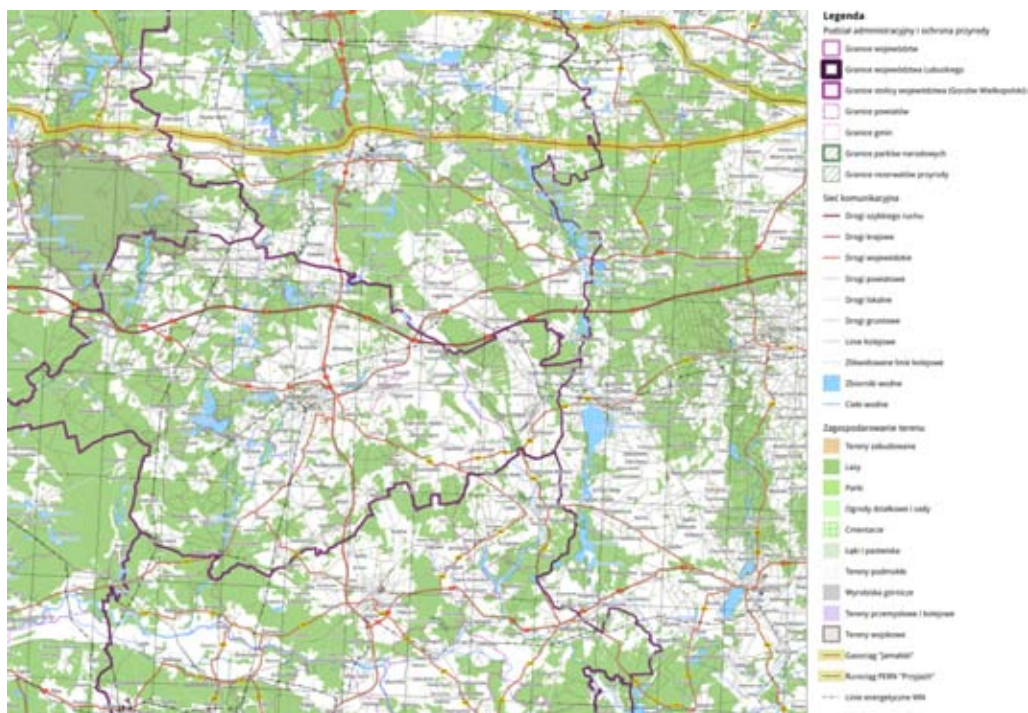
99 Tamże...



- numeryczny model terenu.

Fragment przykładowej mapy topograficznej województwa lubuskiego w skali 1:100.000 prezentuje rysunek 10.

**Rysunek 10.** Fragment mapy topograficznej województwa lubuskiego, skala 1:100.000



Źródło: GIS Support, <http://www.gis-support.pl/dedykowane-mapy-i-wizualizacje-kartograficzne/>, aktualność: maj 2014.

### 1.16.2. Podstawy prawne tworzenia infrastruktury danych przestrzennych, państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny

Dla pełnego zasobu wiedzy konieczne jest stałe monitorowanie trendów globalnych, europejskich i ponadregionalnych, zwłaszcza w zakresie przyjętych kierunków polityki (m.in. środowiskowej, gospodarczej, klimatycznej itp.). Znaczące wsparcie dla wykonania tego skomplikowanego zadania stwarza unijna dyrektywa INSPIRE. Tempo jej wdrażania w Polsce jest niskie<sup>100</sup>.

Dyrektywa Unii Europejskiej normująca plany rozwoju europejskiej infrastruktury danych przestrzennych **INSPIRE**<sup>101</sup> tworzy prawną podstawę do zbudowania i działa-

100 Por. Belof M., *Teoria a praktyka planowania regionalnego. Doświadczenia polskie w planowaniu przestrzennym po 1998 r.*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013, s. 205-206.

101 INSPIRE – *Infrastructure for Spatial Information in the European Community*, <http://inspire.ec.europa.eu/>

nia infrastruktury informacji przestrzennej w Europie w celu formułowania, wdrażania, monitorowania i oceny polityki Wspólnoty na wszystkich poziomach działania oraz dostarczania informacji społeczeństwu. Głównym celem INSPIRE jest zwiększenie i udoskonalenie dostępności danych przestrzennych dla podejmowania decyzji w ramach Wspólnoty i wdrażania jej polityki w krajach członkowskich<sup>102</sup>. Dyrektywa INSPIRE reguluje kwestie związane z gromadzeniem i publikowaniem danych przestrzennych. Jej uzupełnieniem, rozwinięciem i przełożeniem na polskie warunki jest **Ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej** (IIP), która określa<sup>103</sup>:

- zasady tworzenia oraz użytkowania infrastruktury informacji przestrzennej,
- organy administracji właściwe w sprawach informacji przestrzennej.

INSPIRE dotyczy zbiorów danych przestrzennych w zasobach organizacji państwowych oraz zasad dostępu i przetwarzania. Polska infrastruktura danych przestrzennych wchodzi w zakres działalności Państwowego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego, który należy do Głównego Geodety Kraju, a jego obsługą zajmuje się Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK).

W Polsce do najważniejszych cyfrowych zbiorów danych przestrzennych tworzonych przez służbę geodezyjno-kartograficzną, stanowiących **państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny**, należą<sup>104</sup>:

- EGIB – baza danych ewidencji gruntów i budynków (kataster nieruchomości),
- EMUiA – baza danych ewidencji miejscowości, ulic i adresów,
- **B DOT500** – baza danych obiektów topograficznych o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:500–1:5.000; opracowywana dla terenów miast oraz zwartych zabudowanych i przeznaczonych pod zabudowę obszarów wiejskich,
- BDSOG – baza danych szczegółowych osnów geodezyjnych,
- GESUT – geodezyjna ewidencja obiektów sieci uzbrojenia terenu oraz o podmiotach władających tymi sieciami,
- PRG – baza danych państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju,
- PRNG – baza danych państwowego rejestru nazw geograficznych,
- PRPOG – baza danych państwowego rejestru podstawowych osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych
- Baza Danych Hydrograficznych,
- Baza Danych Sozologicznych,
- mapa zasadnicza i inne.

---

102 Gotlib D., Olszewski R., *Infrastruktura danych przestrzennych...*

103 Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej...

104 Na podstawie: Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej, Dz.U. z 21 marca 2013 r., poz. 383, par. 1.

Baza danych obiektów topograficznych **BDOT10k** powstała w latach 2012-2013 i obejmuje swoją treścią następujące tematy, z których każdy zapisany jest w kilku warstwach<sup>105</sup>:

- sieć wodna,
- sieć komunikacyjna,
- sieć uzbrojenia terenu,
- pokrycie terenu,
- budynki, budowle i urządzenia,
- kompleksy użytkowania terenu,
- tereny chronione,
- jednostki podziału terytorialnego,
- inne obiekty przestrzenne.

Na zasób BDOT10k składa się:

- Zasób podstawowy TOPO10k zorganizowany i zapisany zgodnie z ogólnie przyjętymi standardami budowy baz danych przestrzennych, zawierający dane pomiarowe, niezniekształcone w wyniku zabiegów redakcyjnych związanych z prezentacjami kartograficznymi, obciążony jedynie generalizacją pierwotną danych wynikającą z metod pomiaru i przyjętego modelu pojęciowego danych.
- Zasób kartograficzny KARTO10k utworzony na podstawie danych zawartych w BDOT10k w procesie ich generalizacji, wizualizacji i redakcji kartograficznej oraz numerycznym modelem rzeźby terenu i Państwowym Rejestrze Nazw Geograficznych.

Institucje państwowe nie związane ze służbą geodezyjno-kartograficzną tworzą także inne bazy danych przestrzennych obejmujące takie zagadnienia, jak:

- baza TERYT Głównego Urzędu Statystycznego – wykaz miejscowości, ulic i jednostek administracyjnych,
- MPHP - mapa podziału hydrograficznego Polski Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej,
- bazy danych Państwowego Instytutu Geologicznego,
- Bank Danych Drogowych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad oraz zarządów dróg różnego szczebla,
- bazy tworzone przez państwową służbę leśną w ramach Systemu Informatycznego Lasów Państwowych,
- bazy tworzone w ramach NATO (VMap),
- numeryczna mapa glebowo-rolnicza (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach)<sup>106</sup>.

Udostępnianie informacji przestrzennej wiąże się z ujawnianiem wielu danych, np. o nieruchomościach. W związku z wyrokiem Naczelnego Sądu Administracyjnego sygn. akt I OSK 1839/12 z dnia 18.02.2014 r. na Internetowych mapach Systemu Informacji

105 Zob. szerzej: *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych*, Dz.U. Nr 279, Poz. 1642, załącznik 2.

106 Ciupa T., Suligowski R., *Zastosowanie techniki GIS w ocenie zagrożeń naturalnych – dawnych i przyszłych*, Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce 2010, s. 27.

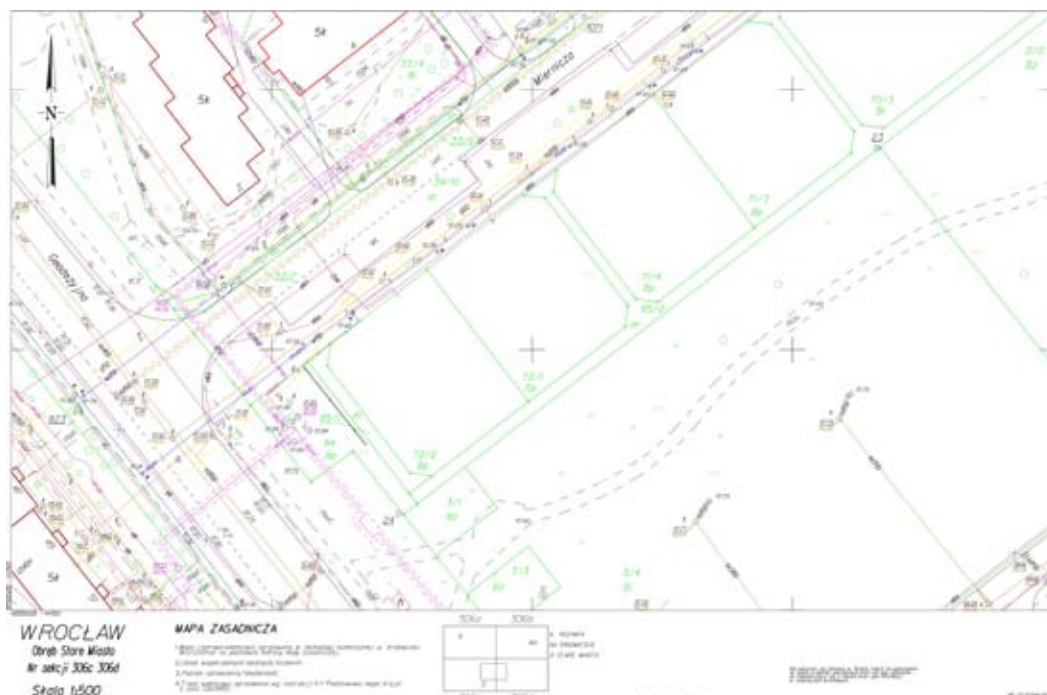
Przestrzennej Katowic została usunięta możliwość wyświetlania numeru księgi wieczystej w szczegółowym opisie działki.

### 1.16.3. Numeryczna mapa zasadnicza jako podstawowy element GIS

Mapa zasadnicza jest podstawowym materiałem kartograficznym, wykorzystywanym w planowaniu przestrzennym, katastrze i taksacji nieruchomości. Na jej podstawie są sporządzane wielkoskalowe mapy tematyczne. **Mapa zasadnicza** to wielkoskalowe opracowanie kartograficzne, zawierające aktualne informacje o przestrzennym rozmieszczeniu obiektów ogólnogeograficznych oraz elementach ewidencji gruntów i budynków, a także sieci uzbrojenia terenu: nadziemnych, naziemnych i podziemnych<sup>107</sup>. Standardy techniczne opracowania mapy zasadniczej regulowała instrukcja K-1 „Mapa zasadnicza”. Ta instrukcja i pozostałe instrukcje serii O, G i K oraz wytyczne techniczne obowiązujące na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 marca 1999 r. uchylone zostały 8 czerwca 2012 r. ustawą o infrastrukturze informacji przestrzennej<sup>108</sup>.

Przykładowy fragment mapy zasadniczej dla Wrocławia, obręb Stare Miasto, prezentuje rysunek 11.

Rysunek 11. Mapa zasadnicza dla Wrocławia, obręb Stare Miasto, skala 1:500



Źródło: Państwowy Zespół Geodezyjny i Kartograficzny.

107 Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne..., art. 2.

108 Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej..., art. 35.

W treści mapy zasadniczej do elementów ewidencji gruntów i budynków zalicza się<sup>109</sup>:

- granice jednostek terytorialnego podziału państwa,
- granice jednostek ewidencyjnych,
- granice obrębów,
- granice działek,
- opisy i kontury użytków gruntowych, w tym ekologicznych,
- opisy i kontury klas gleboznawczych,
- usytuowanie budynków,
- stabilizowane (trwałe) punkty graniczne,
- numery ewidencyjne działek,
- numery porządkowe budynków,
- numery ewidencyjne budynków,
- numery punktów załamania linii granicznych,
- nazwy ulic i oznaczenia dróg publicznych,

Natomiast do elementów sieci uzbrojenia na tej mapie zalicza się<sup>110</sup>:

- urządzenia inżynierijsko-techniczne nadziemne,
- urządzenia inżynierijsko-techniczne naziemne, w tym punkty położenia armatury naziemnej przewodów uzbrojenia technicznego,
- linie przebiegu przewodów i elementów uzbrojenia terenu.

Mapę zasadniczą tworzy się na podstawie odpowiednich zbiorów danych zawartych w:

- bazie danych EGiB,
- bazie danych GESUT,
- bazie danych PRG,
- bazie danych PRPOG,
- BDOT500,
- BDSOG.

Docelową postacią mapy zasadniczej w KSIG jest jej postać numeryczna: wektorowa, związana z bazą informacji o obiektach.

System teleinformatyczny, w którym tworzy się mapę zasadniczą w skalach: 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, zapewnia w szczególności<sup>111</sup>:

- kontrolę dostępu do danych i autoryzację użytkowników systemu,
- identyfikację źródła obiektów stanowiącego podstawę do tworzenia mapy zasadniczej,
- generalizację i wizualizację kartograficzną obiektów,
- generowanie i redakcję kartograficzną treści mapy zasadniczej,

---

109 Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa oraz Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dn. 17 grudnia 1996 w sprawie ewidencji gruntów i budynków, § 23 p. 3.

110 Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 26 sierpnia 1991 w sprawie szczegółowych zasad i trybu zakładania i prowadzenia geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz uzgodnień i współdziałania w tym zakresie.

111 Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r..., par. 21.

- przetwarzanie treści mapy zasadniczej do postaci zbiorów danych w formie cyfrowej lub dokumentów elektronicznych GML, w formacie zgodnym ze schematem aplikacyjnym,
- wydruk mapy zasadniczej:
- w kroju arkuszowym,
- z wybranego obszaru.

Wydruk mapy zasadniczej z wybranego obszaru zawiera<sup>112</sup>:

- kartograficzną reprezentację obiektów w postaci znaków kartograficznych,
- nazwy i opisy objaśniające dotyczące obiektów,
- informacje dodatkowe, w szczególności:
- nazwę mapy,
- godło mapy,
- skalę mapy,
- układ współrzędnych płaskich prostokątnych,
- geodezyjny układ odniesienia,
- lokalizację obszaru,
- siatkę kwadratów,
- współrzędne narożników,
- informację o dacie wydruku,
- nazwę jednostki udostępniającej mapę,
- informację o osobie tworzącej wydruk,
- sygnaturę dokumentu, na podstawie którego została udostępniona mapa, i wymagane klauzule.

Mapa zasadnicza w postaci numerycznej jest zasobem informacji o obiektach, stanowiących jej treść. Obiekty stanowiące treść mapy zasadniczej prowadzonej w postaci numerycznej posiadają unikalne kody pozwalające na jednoznaczność ich identyfikacji i przyporządkowania im graficznych znaków. Wykaz obiektów stanowiących treść mapy zasadniczej zawiera tabela 5.

**Tabela 5.** Wykaz obiektów stanowiących treść mapy zasadniczej w kolejności alfabetycznej

Obiekt	Cd. obiekt	Cd. obiekt
alejka	maszt oświetleniowy	schody
bagno	maszt telekomunikacyjny	schody w ciągu komunikacyjnym
bariera drogowa ochronna	most	schron lub bunkier
basen	mur historyczny	skarpa nieumocniona
bieżnia	murek oporowy	skarpa umocniona
brama	nasyp	skocznia narciarska
bród	nawis	słup
budynek biurowy	nieużytki	słup kratowy
budynek garażu	niezidentyfikowane urządzenie techniczne	słup łączony

<sup>112</sup>Tamże...

Obiekt	Cd. obiekt	Cd. obiekt
budynek gospodarstwa rolnego	obiekt budowlany wpisany do rejestru zabytków i objęty indywidualną ochroną konserwatorską oraz nieruchome, archeologiczne dobro kultury	słup trakcji kolejowej
budynek handlowo-usługowy	obręb ewidencyjny	słup trakcji tramwajowej
budynek hotelu	obszar objęty drenowaniem	słup trakcji trolejbusowej
budynek kultury fizycznej	odbój lub dalba	słupek telekomunikacyjny
budynek łączności, dworca i terminalu	odwodnienie liniowe	słupowa stacja transformatorowa
budynek mieszkalny jednorodzinny	ogólnodostępny obiekt kulturalny	stacja gazowa
budynek muzeum i biblioteki	ogrodzenie trwałe	stacja transformatorowa
budynek o dwóch mieszkaniach	ogród działkowy	studnia
budynek o trzech i więcej mieszkaniach	osadnik kanalizacji lokalnej (dół Chambeau)	studnia głębinowa
budynek przemysłowy	osadnik piaskowy	studzienka
budynek przeznaczony do sprawowania kultu religijnego i czynności religijnych	ostroga	suwnica
budynek szkoły i instytucji badawczej	państwo	sygnalizator świetlny
budynek szpitala i zakładu opieki medycznej	parking lub garaż	szafa kablowa
budynek zakwaterowania turystycznego, pozostały	pasaż	szafa oświetleniowa
budynek zbiorowego zamieszkania	pastwiska trwałe	szafa sterownicza
chłodnia kominowa	peron	szafka gazowa
chodnik	plac	sztuczny stok
cmentarz inny	plac gier i zabaw	szuwary
cmentarz komunalny	plac sportowy	ściana oporowa
cmentarz wojenny	plantacja	śluz
cmentarz wyznaniowy	podjazd dla osób niepełnosprawnych	śmietnik
część budynku wyodrębniona ze względu na liczbę kondygnacji naziemnych	podpora	taras

<b>Obiekt</b>	<b>Cd. obiekt</b>	<b>Cd. obiekt</b>
część kondygnacji podziemnej budynku, która nie zawiera się w obrysie części naziemnej	podpora obiektu trwale związanego z budynkiem	taśmociąg
drogi	poler	teren podmokły
drzewo iglaste	pomnik	tereny kolejowe
drzewo liściaste	pomost lub moło	tereny mieszkaniowe
dystrybutor paliw	powiat	tereny przemysłowe
działka ewidencyjna	pozostały budynek niemieszkalny, gdzie indziej nie wymieniony	tereny rekreacyjno-wypoczynkowe
ekran akustyczny	przejazd przez budynek	tereny różne
estakada	przejście podziemne	tor kolejowy
estrada	przepompownia	tor metra
figura, kapliczka lub krzyż przydrożny	przeprawa łodziami	tor saneczkowy
fontanna	przeprawa promowa	tor tramwajowy
furtka	przepust	tor żuźlowy
gmina	przewód benzynowy	trawnik
grunty orne	przewód ciepłowniczy	trójkąt
grunty pod morskimi wodami wewnętrznymi	przewód ciepłowniczy dwuprzewodowy - parowy	trybuna
grunty pod stawami	przewód ciepłowniczy jednoprzewodowy - parowy	tunel drogowy
grunty pod wodami powierzchniowymi płynącymi	przewód ciepłowniczy o niskim parametrze - wodny	tunel kolejowy
grunty pod wodami powierzchniowymi stojącymi	przewód ciepłowniczy o wysokim parametrze - wodny	tunel metra
grunty zadrzewione i zakrzewione	przewód elektroenergetyczny	tunel tramwajowy
hydrant	przewód elektroenergetyczny najwyższego napięcia	turbina wiatrowa
hydrofornia	przewód elektroenergetyczny niskiego napięcia	ulica
inna budowla	przewód elektroenergetyczny oświetleniowy	użytki ekologiczne
inna budowla hydrotechniczna	przewód elektroenergetyczny średniego napięcia	użytki kopalne
inna budowla inżynierska	przewód elektroenergetyczny wysokiego napięcia	użytki rolne zabudowane
inna budowla podziemna	przewód gazowy	wał przeciwpowodziowy lub grobla



<b>Obiekt</b>	<b>Cd. obiekt</b>	<b>Cd. obiekt</b>
inna budowla sportowa	przewód gazowy niskiego ciśnienia	weranda, ganek
inna budowla ziemna	przewód gazowy podwyższonego średniego ciśnienia	wiadukt
inna obudowa przewodu	przewód gazowy średniego ciśnienia	wiata
inna wysoka budowla techniczna	przewód gazowy wysokiego ciśnienia	wiata przystankowa
inne tereny komunikacyjne	przewód inny	wiatrołap
inne tereny zabudowane	przewód kanalizacyjny	wieża ciśnień
inne urządzenie techniczne	przewód kanalizacyjny deszczowy	wieża przeciwpożarowa
inne urządzenie transportowe	przewód kanalizacyjny lokalny	wieża szybu kopalnianego
inny blok budynku	przewód kanalizacyjny ogólnospławny	wieża telekomunikacyjna
inny obiekt orientacyjny	przewód kanalizacyjny przemysłowy	wieża widokowa
inny obiekt przyrodniczy	przewód kanalizacyjny sanitarny	wjazd do podziemia
inny obiekt trwale związany z budynkiem	przewód naftowy	właz
inny słup lub maszt	przewód niezidentyfikowany	woda morska
inny zbiornik techniczny	przewód telekomunikacyjny	woda płynąca
jaz ruchomy lub zastawka piętrząca	przewód wodociągowy	woda stojąca
jaz stały	przewód wodociągowy lokalny	wodospad
jednostka ewidencyjna	przewód wodociągowy ogólny	wodowskaz
jezdnia	punkt granicy państwa stabilizowany trwale	województwo
kanalizacja kablowa	punkt graniczny niestabilizowany	wyciąg narciarski
kanał ciepłowniczy	punkt graniczny stabilizowany trwale	wykop
kanał technologiczny	punkt o określonej wysokości	wylot kanału
kładka dla pieszych	punkt osnowy poziomej podstawowej	wywietrznik
kolej linowa	punkt osnowy poziomej szczegółowej	zadrzewienie
komin przemysłowy	punkt osnowy wysokościowej podstawowej	zakrzewienie

Obiekt	Cd. obiekt	Cd. obiekt
komora podziemna	punkt osnowy wysokościowej szczegółowej	zapora
kontener telekomunikacyjny	punkt wysokościowy naturalny	zasuwa
kort tenisowy	punkt wysokościowy sztuczny	zawór
korytarz przesyłowy	rampa	zbiornik
kratka ściekowa	rampa	zbiornik na ciecz
krawężnik	reklama lub tablica informacyjna	zbiornik na materiały pędne lub gaz
las iglasty	rowy	zbiornik na materiały sypkie
las liściasty	rów melioracyjny	zbiornik, silos i budynek magazynowy
las mieszany	rów przydrożny	zdrój uliczny
lasy	ruina zabytkowa	złącze kablowe
latarnia	rura ochronna	zurbanizowane tereny niezabudowane
łącznik	sad	źródło
łąki trwałe	sady	

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Rozporządzenia Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej*, Dz.U. z 21.03.2013 poz. 383, załącznik nr 5 Wykaz obiektów stanowiących treść mapy zasadniczej.

## 2. TYPOWE OBSZARY ZASTOSOWAŃ TECHNOLOGII GIS

Systemy informacji przestrzennej łączą w sobie wiedzę z zakresu wielu dziedzin; informatyki, geografii, kartografii, geodezji, administracji, ochrony środowiska, ekonomii, statystyki i wielu innych. Ilość obszarów zastosowań GIS rośnie. Przemawia za tym m.in.:

- wysoki poziom rozwoju technologicznego, który wymaga integracji najnowszych technologii informatycznych, telekomunikacyjnych oraz nowoczesnych metod pozyskiwania i przetwarzania danych przestrzennych.
- szybki rozwój systemów informatycznych,
- potrzeba wspomagania decyzji w administracji publicznej.

Dominującym obszarem zastosowania GIS jest sektor państwowy (szeroko rozumiana administracja publiczna). Jednostki administracji publicznej rejestrują spore ilości danych o charakterze przestrzennym. Są to głównie informacje gromadzone w urzędowych rejestrach, pochodzące z kilku obszarów tematycznych. Jakość i aktualność tych danych jest kluczowa dla poprawnej realizacji statutowych celów jednostek oraz wspierania procesów decyzyjnych.

GIS w administracji publicznej wspomaga gromadzenie, przetwarzanie i publikowanie danych przestrzennych przez urzędy. Rozwiązania GIS uzupełniają i wzbogacają wdrożone w jednostkach rejestry i bazy tematyczne o nowe funkcjonalności, a dane o ich wymiar przestrzenny. Wdrożenie GIS w istotny sposób wpływa na zwiększenie wydajności pracy, usprawnienie procesu podejmowania decyzji, a także obsługi procedur administracyjnych.

### 2.1. Systemy informacji przestrzennej jednostek samorządowo-terytorialnych

Samorząd terytorialny wykonuje zadania publiczne nie zastrzeżone przez Konstytucję lub ustawy dla organów innych władz publicznych. Przysługującą mu w ramach ustaw istotną część zadań publicznych samorząd wykonuje w imieniu własnym i na własną odpowiedzialność. Od 1.01.1999 roku jednostkami zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa są: gminy, powiaty i województwa<sup>113</sup>. Ogół mieszkańców jednostek

---

<sup>113</sup> Ustawa z dnia 24 lipca 1998 r. o wprowadzeniu zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa, Dz.U. z 1998 r. Nr 96, poz. 603, art. 1.

zasadniczego podziału terytorialnego stanowi wspólnotę samorządową.<sup>114</sup> Jak zauważa S. Korenik, tylko te społeczności, które otworzą się na gospodarkę światową i będą poddane usieciowieniu, będą w stanie wykorzystać w sposób najbardziej efektywny swoje zasoby endogeniczne i mają szansę polepszenia dobrobytu. A podstawą budowy przewagi rynkowej (konkurencyjnej) będzie wiedza i tworzone innowacje<sup>115</sup>.

Rozwój technologiczny ostatnich lat przyczynił się do wzrostu zainteresowania możliwościami e-technologii zarówno firm komercyjnych, jak i władz rządowych i samorządowych na szczeblu krajowym i lokalnym. Systemy informacji przestrzennej tworzone w skali lokalnej (miasta, powiaty, gminy) ułatwiają lokalnym władzom zarządzanie danymi przestrzennymi, a poprzez ich udostępnienie w sieci pozwalają na dostęp do geoinformacji szerokiemu gronu użytkowników. Wiele miast zdecydowało się na opracowanie systemów informacji przestrzennej i umieszczenie ich w Internecie. Od strony informatycznej zadania te realizowane są głównie przez specjalistyczne firmy GIS-owe przy współpracy z ośrodkami dokumentacji geodezyjno-kartograficznej. Równie istotne jest zarządzanie i analiza danych przestrzennych na szczeblu regionalnym. Wojewódzki portal internetowy wykorzystujący technologię GIS zapewnia władzom wspomaganie procesu decyzyjnego oraz ułatwia społeczeństwu dostęp do geoinformacji<sup>116</sup>.

Dodatkowym czynnikiem, obligującym JST do wdrażania systemów GIS, są przepisy międzynarodowe i krajowe (Dyrektywa INSPIRE oraz Ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej). Zgodnie z nimi, na jednostkach samorządu terytorialnego spoczywa obowiązek prowadzenia wielu rejestrów, z których kilka jest związanych z danymi przestrzennymi. Należą do nich:

- numeracja adresowa,
- miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego,
- rejestr pozwoleń na budowę,
- rejestr mienia komunalnego,
- ewidencja dróg i obiektów mostowych oraz inne rejestry ogólnego przeznaczenia.

Dzięki usługom sieciowym, w szczególności tym dostarczanym przez [geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl) oraz powiatowe węzły katastralne, zaistniała możliwość zautomatyzowania wielu z wymienionych rejestrów przez wprowadzenie specjalistycznego oprogramowania skupionego jedynie na merytorycznych sprawach rejestru, a wykorzystującego usługi sieciowe do zorganizowania potrzebnych danych referencyjnych. Wiele z przydatnych usług istniało już wcześniej, ale dopiero uchwalenie ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej dało zielone światło do szerszego wykorzystywania usług sieciowych oraz, przede wszystkim, spowodowało znaczny wzrost ich liczby<sup>117</sup>.

114 *Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r.*, Dz.U. z 1997 r. Nr 78, poz. 483 z późn. zm., art. 16, 163.

115 Zob. szerzej: Korenik S., *Region ekonomiczny w nowych realiach społeczno-gospodarczych*, CeDeWu, Warszawa 2011, s. 163-164.

116 System informacji przestrzennej, <http://geoforum.pl/>, dostęp: 22.11.2014.

117 Izdebski W., *Wpływ ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej na wykorzystanie danych przestrzennych w jednostkach administracji samorządowej*, „Roczniki Geomatyki”, T. IX, z. 2/2011, s. 37-43.

Samorządy terytorialne wykorzystują GIS m.in. w takich obszarach, jak:

- zagospodarowanie i planowanie przestrzenne,
- gospodarka odpadami,
- gospodarowanie mieniem komunalnym i infrastrukturą wodno-kanalizacyjną,
- ewidencja dróg i obiektów mostowych,
- promocja inwestycyjna (rysunek 12)<sup>118</sup>.

**Rysunek 12.** Wielobranżowa koncepcja zagospodarowania terenów inwestycyjnych w gminie Godów



Źródło: Biuro Projektów Urbanistyki i Architektury ARCA, <http://arcastangel.pl/wielobranzowa-koncepcja-zagospodarowania-terenow-inwestycyjnych-w-gminie-godow/>, dostęp: 22.11.2014.

Od 2015 roku będą realizowane kolejne projekty z zakresu cyfryzacji i modernizacji baz danych ewidencji gruntów i budynków oraz zakładania baz danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu i baz obiektów topograficznych. Celem projektów jest podjęcie działań zmierzających do wykonania modernizacji ewidencji gruntów i budynków w celu poprawy jakości gromadzonych danych o gruntach, budynkach i lokalach oraz przekształcenie istniejących zbiorów zasobów geodezyjnych do postaci cyfrowej. Pozwoli to na zapewnienie dostępu do aktualnych informacji o nieruchomościach gromadzonych w powiatowych rejestrach publicznych, w tym **ewidencji**

<sup>118</sup>Internetowe mapy Systemu Informacji Przestrzennej Katowic <http://mapserver.um.katowice.pl/kjarc/mapviewer.jsf>, dostęp: 1.10.2014.

**gruntów i budynków (EGiB), bazy danych obiektów topograficznych (BDOT500) i bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu (GESUT)**<sup>119</sup>.

Jednostki administracyjno-terytorialne często opracowują udostępniane w Internecie systemy informacji przestrzennej dla swoich obszarów. Szczególnie dotyczy to województw<sup>120</sup>, dużych miast, powiatów i większych gmin.

## 2.2. Geodezja i kartografia

**Prace geodezyjne** to projektowanie i wykonywanie pomiarów geodezyjnych, wykonywanie zdjęć lotniczych, dokonywanie obliczeń, sporządzanie i przetwarzanie dokumentacji geodezyjnej, a także zakładanie i aktualizacja baz danych, pomiary i opracowania fotogrametryczne, grawimetryczne, magnetyczne i astronomiczne związane z realizacją zadań w dziedzinie geodezji i kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie. **Prace kartograficzne** natomiast to opracowywanie, merytoryczne i techniczne redagowanie map i opracowań pochodnych oraz ich reprodukcja<sup>121</sup>.

Prace geodezyjne i kartograficzne wykonują podmioty prowadzące działalność gospodarczą, a także inne jednostki organizacyjne utworzone zgodnie z przepisami prawa, jeżeli przedmiot ich działania obejmuje prowadzenie tych prac. Podstawę do wykonywania prac geodezyjnych i kartograficznych stanowią osnowy geodezyjne opracowane w państwowym systemie odniesień przestrzennych. **Osnowy geodezyjne** stanowią usystematyzowany zbiór punktów geodezyjnych, dla których określono matematycznie ich wzajemne położenie i dokładność usytuowania. Osnowy geodezyjne zakłada się i aktualizuje dla obszaru całego kraju.

Podstawę planowania gospodarczego, planowania przestrzennego, wymiaru podatków i świadczeń, oznaczania nieruchomości w księgach wieczystych, statystyki publicznej, gospodarki nieruchomościami oraz ewidencji gospodarstw rolnych stanowią dane zawarte w ewidencji gruntów i budynków. Ewidencję gruntów i budynków oraz gleboznawczą klasyfikację gruntów prowadzą starostowie. **Ewidencja gruntów i budynków** (kataster nieruchomości) to jednolity dla kraju, systematycznie aktualizowany zbiór informacji o gruntach, budynkach i lokalach, ich właścicielach oraz o innych osobach fizycznych lub prawnych władających tymi gruntami, budynkami i lokalami<sup>122</sup>.

Jak podano w punkcie 1.16.2, państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny to zbiór map oraz materiałów fotogrametrycznych, teledetekcyjnych, rejestrów, wykazów, informatycznych baz danych, katalogów danych geodezyjnych i innych opracowań powstałych w wyniku wykonania prac geodezyjnych i kartograficznych.

119 *Samorzady stawiają na e-geodezję*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, <http://www.gugik.gov.pl/informacje/aktualnosci/web/2014/samorzady-stawiaja-na-e-geodezje>, dostęp: 22.11.2014.

120 Zob np.: Dolnośląski System Informacji Przestrzennej, Wydział Geodezji i Kartografii Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego, <http://geoportal.dolnyślask.pl/imap/>

121 *Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne...*, art. 2.

122 Tamże..., art. 2, 21-22.

Dla obszaru całego kraju zakłada się i prowadzi w systemie teleinformatycznym bazy danych, obejmujące zbiory danych przestrzennych infrastruktury informacji przestrzennej dotyczące<sup>123</sup>:

- państwowego rejestru podstawowych osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych,
- ewidencji gruntów i budynków (katastru nieruchomości);
- geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu;
- państwowego rejestru granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju,
- państwowego rejestru nazw geograficznych;
- ewidencji miejscowości, ulic i adresów;
- rejestru cen i wartości nieruchomości;
- obiektów topograficznych o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:10.000–1:100.000, w tym kartograficznych opracowań numerycznego modelu rzeźby terenu;
- obiektów ogólnogeograficznych o szczegółowości zapewniającej tworzenie standardowych opracowań kartograficznych w skalach 1:250.000 i mniejszych, w tym kartograficznych opracowań numerycznego modelu rzeźby terenu,
- szczegółowych osnów geodezyjnych;
- obrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu.

Standardowymi opracowaniami kartograficznymi, tworzonymi na podstawie odpowiednich zbiorów danych zawartych w wymienionych wyżej bazach danych, są:

- mapy ewidencyjne w skalach: 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000;
- mapy zasadnicze w skalach: 1:500, 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000;
- mapy topograficzne w skalach: 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000;
- mapy ogólnogeograficzne w skalach: 1:250.000, 1:500.000, 1:1 000.000.

Dla terenów zamkniętych, zamiast mapy zasadniczej, sporządza się odrębne mapy zawierające w swojej treści również sieć podziemnego uzbrojenia terenu. Sporządzanie i aktualizowanie tych map oraz ustalanie granic terenów zamkniętych należy do właściwych ministrów i kierowników urzędów centralnych.

Główny Geodeta Kraju wykonuje i udostępnia następujące kartograficzne opracowania tematyczne i specjalne<sup>124</sup>:

1/ tematyczne opracowania w postaci cyfrowych map:

- hydrograficznych – przedstawiających w szczególności stan i warunki obiegu wody w powiązaniu ze środowiskiem przyrodniczym oraz przepuszczalność gruntów, głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych, rozmieszczenie wód powierzchniowych i zjawisk hydrograficznych, z uwzględnieniem obiektów gospodarki wodnej,

<sup>123</sup>Tamże..., art. 4.

<sup>124</sup>Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 października 2011 r. w sprawie rodzajów kartograficznych opracowań tematycznych i specjalnych, Dz.U. 2011 nr 222 poz. 1328, par. 2.

- sozologicznych – przedstawiających w szczególności stan środowiska przyrodniczego oraz przyczyny, a także skutki negatywnych i pozytywnych przemian zachodzących w środowisku pod wpływem różnego rodzaju procesów, w tym przede wszystkim procesów antropogenicznych, oraz sposoby ochrony naturalnych wartości środowiska,
  - geomorfologicznych – przedstawiających w skalach przeglądowych formy rzeźby i genezę powierzchni ziemi oraz informacje o zmianach jej ukształtowania,
  - glebowo-rolniczych – przedstawiających w szczególności informacje dotyczące przydatności glebowo-rolniczej terenu charakteryzowanej na podstawie głębokości, tekstury, struktury i zawartości cząstek oraz materiału organicznego, kamienistości, erozji gleb i podglebia i zdolności zatrzymywania wody,
  - pokrycia terenu – przedstawiających biofizyczne cechy charakteryzujące powierzchnię terenu (szata roślinna, wody powierzchniowe, odkryte powierzchnie gleby, obiekty antropogeniczne),
  - użytkowania ziemi – przedstawiających różnorodność form i funkcji gospodarczego wykorzystania powierzchni terenu, w szczególności tereny rolnicze, leśne, przemysłowe, komunikacyjne, mieszkaniowe, rekreacyjne,
  - infrastruktury technicznej – przedstawiających w szczególności informacje o sieciach uzbrojenia terenu oraz infrastruktury komunikacyjnej,
  - średnich cen transakcyjnych gruntów – przedstawiających, na podstawie danych gromadzonych przez starostów w rejestrze cen i wartości nieruchomości, badań statystycznych oraz analiz i zestawień charakteryzujących rynek nieruchomości, w skali całego kraju w powiązaniu z zasadniczym trójstopniowym podziałem terytorialnym państwa, zróżnicowanie średnich cen transakcyjnych gruntów przeznaczonych pod zabudowę oraz gruntów rolnych,
  - podziałów terytorialnych kraju – przedstawiających w szczególności granice państwa oraz granice jednostek podziałów terytorialnych kraju, w tym:
    - zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa,
    - podziału kraju na potrzeby ewidencji gruntów i budynków,
    - podziału kraju na potrzeby statystyki publicznej,
    - podziału kraju ze względu na właściwość miejscową sądów (sądów powszechnych: apelacyjnych, okręgowych, rejonowych oraz wojewódzkich sądów administracyjnych),
    - podziału kraju ze względu na właściwość miejscową organów i jednostek organizacyjnych administracji specjalnej oraz lokalizację siedzib tych organów i jednostek organizacyjnych,
  - atlasowych obszaru Rzeczypospolitej Polskiej – przedstawiających wszechstronny, geograficzny obraz państwa, w szczególności warunków przyrodniczych, gospodarczych oraz rozwoju społeczeństwa w określonym przekroju czasowym;
- 2/ opracowania specjalne w postaci map tyfologicznych, przeznaczonych dla niewidomych i słabowidzących.



## 2.3. Planowanie zagospodarowania przestrzennego

Planowanie przestrzenne i zagadnienia związane z tym procesem stanowią jeden z ważniejszych problemów w kraju. Od prowadzenia prawidłowej polityki przestrzennej, dokonywanej na trzech poziomach administracji zależy bowiem bardzo wiele, przede wszystkim w zakresie kształtowania ładu przestrzennego, podaży i popytu na rynku nieruchomości.

Również dla zapewnienia bezpieczeństwa i obronności państwa polityka przestrzenna powinna tworzyć warunki do uwzględniania wymagań obronności i bezpieczeństwa państwa we wszystkich opracowaniach planistycznych z zakresu zagospodarowania przestrzennego na szczeblu krajowym, wojewódzkim i lokalnym. Efektem realizacji polityki przestrzennej powinno być m.in. sprawne i bezkolizyjne funkcjonowanie sił zbrojnych oraz instytucji i służb działających w sferze bezpieczeństwa wewnętrznego państwa. Jednocześnie polityka ta powinna wykorzystywać cechy obszarów służących obronności i bezpieczeństwa państwa do celów rozwoju regionu. Poważnym problemem w tej sferze jest nikłe zainteresowanie samorządów wykonaniem miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego obszarów sąsiadujących z terenami zamkniętymi wojska. Na skutek braku odpowiednich środków prawnych mobilizujących władze samorządowe do wykonania tych planów, przeciągają się sprawy związane z ustalaniem stref ochronnych dla terenów zamkniętych tego wymagających. Ogranicza to możliwość prowadzenia działań planistycznych przez wojskowych zarządców nieruchomości oraz skutkuje konfliktami przestrzennymi związanymi z funkcjonowaniem kompleksów wojskowych<sup>125</sup>.

**Planowanie przestrzenne** obejmuje ogół procesów twórczych i decyzyjnych związanych z rozmieszczaniem obiektów w przyjętej przestrzeni planowania, oparty o podstawy naukowe, poprzedzany studiami i analizami. Zagospodarowanie przestrzenne oznacza stan przestrzeni planowania w zakresie wyposażenia w obiekty funkcjonalne służące człowiekowi, w danym momencie czasu, istniejący bądź powstały na skutek czynności planistycznych.

**Ład przestrzenny** jest kluczowym pojęciem w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Oznacza on takie ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe oraz kompozycyjno-estetyczne<sup>126</sup>.

**Polityka przestrzenna** jest prowadzona na różnych szczeblach administracji państwowej<sup>127</sup>:

- kształtowanie i prowadzenie polityki przestrzennej na terenie gminy, w tym uchwalanie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego,

125 *Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022...*, s. 26.

126 *Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*, Dz. U. 2003 Nr 80 poz. 717 z późn. zm., art. 2.

127 *Tamże...*, art. 3.

z wyjątkiem morskich wód wewnętrznych, morza terytorialnego i wyłącznej strefy ekonomicznej oraz terenów zamkniętych, należy do zadań własnych gminy;

- prowadzenie, w granicach swojej własności rzeczowej, analiz i studiów z zakresu zagospodarowania przestrzennego, odnoszących się do obszaru powiatu i zagadnień jego rozwoju, należy do zadań samorządu powiatu;
- kształtowanie i prowadzenie polityki przestrzennej w województwie, w tym uchwalanie planu zagospodarowania przestrzennego województwa, należy do zadań samorządu województwa;
- kształtowanie i prowadzenie polityki przestrzennej państwa, wyrażonej w koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju, należy do zadań Rady Ministrów.

Przedmiotem planowania jest przestrzeń, która jest związana z gminą, województwem i krajem. Przestrzeń planowania jest strukturą hierarchiczną, co oznacza, że planowanie na niższych szczeblach musi uwzględniać wymogi wyższych szczebli. Najważniejsze i najbardziej szczegółowe jest planowanie w gminie. Wskazuje ono rozmieszczenie obiektów planowania. Na podstawie wyników tego planowania odbywa się zmiana przestrzeni.

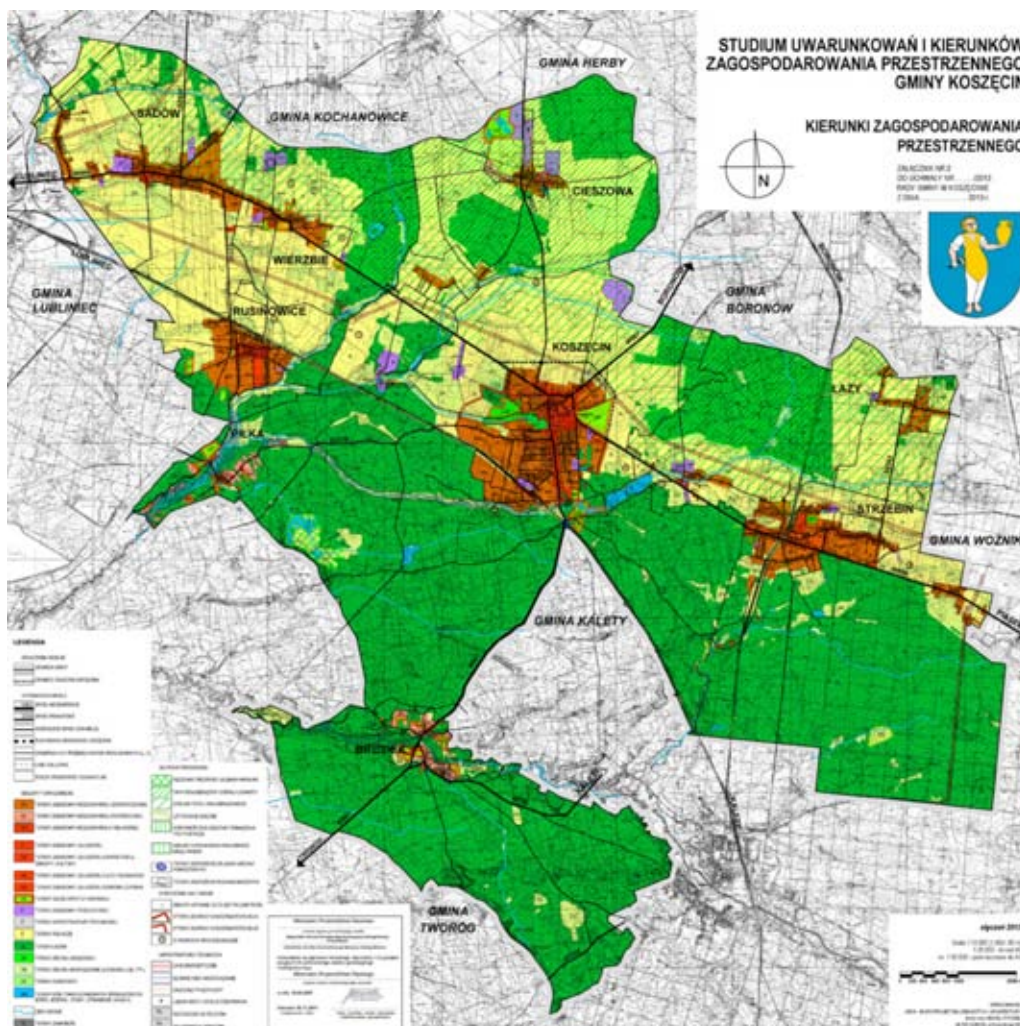
W celu określenia polityki przestrzennej gminy, w tym lokalnych zasad zagospodarowania przestrzennego, rada gminy uchwała **studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy** (rysunek 13). W studium określa się w szczególności<sup>128</sup>:

- kierunki zmian w strukturze przestrzennej gminy oraz w przeznaczeniu terenów;
- kierunki i wskaźniki dotyczące zagospodarowania oraz użytkowania terenów, w tym tereny wyłączone spod zabudowy;
- obszary oraz zasady ochrony środowiska i jego zasobów, ochrony przyrody, krajobrazu kulturowego i uzdrowisk;
- obszary i zasady ochrony dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej;
- kierunki rozwoju systemów komunikacji i infrastruktury technicznej;
- obszary, na których rozmieszczone będą inwestycje celu publicznego o znaczeniu lokalnym;
- obszary, na których rozmieszczone będą inwestycje celu publicznego o znaczeniu ponadlokalnym,
- obszary, dla których obowiązkowe jest sporządzenie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, w tym obszary wymagające przeprowadzenia scaleń i podziału nieruchomości, a także obszary rozmieszczenia obiektów handlowych o powierzchni sprzedaży powyżej 400 m<sup>2</sup> oraz obszary przestrzeni publicznej;
- obszary, dla których gmina zamierza sporządzić miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, w tym obszary wymagające zmiany przeznaczenia gruntów rolnych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne;
- kierunki i zasady kształtowania rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej;
- obszary szczególnego zagrożenia powodzią oraz obszary osuwania się mas ziemnych;

128 Tamże..., art. 10.

- obiekty lub obszary, dla których wyznacza się w złożu kopaliny filar ochronny;
- obszary pomników zagłady i ich stref ochronnych,
- obszary wymagające przekształceń, rehabilitacji lub rekultywacji;
- granice terenów zamkniętych i ich stref ochronnych;
- obszary funkcjonalne o znaczeniu lokalnym.

Rysunek 13. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Koszęcin



Źródło: Biuro Projektów Urbanistyki i Architektury ARCA, <http://arcastangel.pl/studium-uwarunkowan-i-kierunkow-zagospodarowania-przestrzennego-gminy-koszecin/>, dostęp: 22.11.2014.

W celu ustalenia przeznaczenia terenów, w tym dla inwestycji celu publicznego, oraz określenia sposobów ich zagospodarowania i zabudowy rada gminy uchwala **miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego** (plan miejscowy). Planu miejscowego nie sporządza się dla terenów zamkniętych. Spośród dokumentów planistycznych

jedynie plan miejscowy jest aktem prawa miejscowego. W planie miejscowym określa się obowiązkowo<sup>129</sup>:

- przeznaczenie terenów oraz linie rozgraniczające tereny o różnym przeznaczeniu lub różnych zasadach zagospodarowania;
- zasady ochrony i kształtowania ładu przestrzennego;
- zasady ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego;
- zasady ochrony dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej;
- wymagania wynikające z potrzeb kształtowania przestrzeni publicznych;
- zasady kształtowania zabudowy oraz wskaźniki zagospodarowania terenu, maksymalną i minimalną intensywność zabudowy jako wskaźnik powierzchni całkowitej zabudowy w odniesieniu do powierzchni działki budowlanej, minimalny udział procentowy powierzchni biologicznie czynnej w odniesieniu do powierzchni działki budowlanej, maksymalną wysokość zabudowy, minimalną liczbę miejsc do parkowania w tym miejsca przeznaczone na parkowanie pojazdów zaopatrzonych w kartę parkingową i sposób ich realizacji oraz linie zabudowy i gabaryty obiektów;
- granice i sposoby zagospodarowania terenów lub obiektów podlegających ochronie, ustalonych na podstawie odrębnych przepisów, w tym terenów górniczych, a także obszarów szczególnego zagrożenia powodzią oraz obszarów osuwania się mas ziemnych;
- szczegółowe zasady i warunki scalania i podziału nieruchomości objętych planem miejscowym;
- szczególne warunki zagospodarowania terenów oraz ograniczenia w ich użytkowaniu, w tym zakaz zabudowy;
- zasady modernizacji, rozbudowy i budowy systemów komunikacji i infrastruktury technicznej;
- sposób i termin tymczasowego zagospodarowania, urządzania i użytkowania terenów;
- stawki procentowe, na podstawie których ustala się opłatę planistyczną.

Organy samorządu województwa sporządzają **plan zagospodarowania przestrzennego województwa**, prowadzą analizy i studia oraz opracowują koncepcje i programy, odnoszące się do obszarów i problemów zagospodarowania przestrzennego odpowiednio do potrzeb i celów podejmowanych w tym zakresie prac. W planie zagospodarowania przestrzennego województwa uwzględnia się ustalenia strategii rozwoju województwa oraz określa się w szczególności<sup>130</sup>:

- podstawowe elementy sieci osadniczej województwa i ich powiązań komunikacyjnych oraz infrastrukturalnych, w tym kierunki powiązań transgranicznych;
- system obszarów chronionych, w tym obszary ochrony środowiska, przyrody i krajobrazu kulturowego, ochrony uzdrowisk oraz dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej;

129 Tamże..., art. 15.

130 Tamże..., art. 39.

- rozmieszczenie inwestycji celu publicznego o znaczeniu ponadlokalnym;
- granice i zasady zagospodarowania obszarów funkcjonalnych o znaczeniu ponadregionalnym oraz, w zależności od potrzeb, granice i zasady zagospodarowania obszarów funkcjonalnych o znaczeniu regionalnym;
- obszary szczególnego zagrożenia powodzią;
- granice terenów zamkniętych i ich stref ochronnych;
- obszary występowania udokumentowanych złóż kopalin i udokumentowanych kompleksów podziemnego składowania dwutlenku węgla.

Dla miejskiego obszaru funkcjonalnego ośrodka wojewódzkiego uchwała się **plan zagospodarowania przestrzennego miejskiego obszaru funkcjonalnego ośrodka wojewódzkiego** jako część planu zagospodarowania przestrzennego województwa.

Na szczeblu krajowym<sup>131</sup>:

- sporządza się **koncepcję przestrzennego zagospodarowania kraju**, która uwzględnia zasady zrównoważonego rozwoju kraju w oparciu o przyrodnicze, kulturowe, społeczne i ekonomiczne uwarunkowania,
- prowadzi się analizy i studia, opracowuje koncepcje oraz sporządza programy odnoszące się do obszarów i zagadnień pozostających w zakresie programowania strategicznego oraz prognozowania rozwoju gospodarczego i społecznego, współpracując z właściwymi ministrami oraz z centralnymi organami administracji rządowej.

Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju określa uwarunkowania, cele i kierunki zrównoważonego rozwoju kraju oraz działania niezbędne do jego osiągnięcia, a w szczególności<sup>132</sup>:

- podstawowe elementy krajowej sieci osadniczej,
- wymagania z zakresu ochrony środowiska i zabytków, z uwzględnieniem obszarów podlegających ochronie,
- rozmieszczenie infrastruktury społecznej o znaczeniu międzynarodowym i krajowym,
- rozmieszczenie obiektów infrastruktury technicznej i transportowej, strategicznych zasobów wodnych i obiektów gospodarki wodnej o znaczeniu międzynarodowym i krajowym,
- obszary funkcjonalne.

GIS zapewnia planistom przestrzennym dostęp do sporej liczby danych, które można przedstawić w dowolny sposób. System znacznie przyspiesza proces planowania. Możliwości analityczne, a w szczególności modelowanie kartograficzne, są ważnym narzędziem planowania przestrzennego.

Jednym z wielu zastosowań GIS w planowaniu przestrzennym jest **ocena wpływu realizacji nowych inwestycji na zacinienie obiektów sąsiednich**. Potrzebna jest analiza występujących warunków nasłonecznienia, pozyskanie modeli 3D budynków oraz symulacje nasłonecznienia obiektów projektowanych (np. za pomocą ArcGIS 3D Analyst).

<sup>131</sup>Tamże..., art. 47.

<sup>132</sup>Tamże...

Niektóre miasta (Warszawa, Magdeburg, Darmstadt) posiadają modele przestrzenne 3D, które znacznie ułatwiają takie analizy. Przykładem dedykowanego oprogramowania do budowy **modeli 3D miast** i zarządzania informacją przestrzenną miast jest CityServer3D w obecnej wersji 7.0<sup>133</sup> (rysunek 14).

**Rysunek 14.** Widok modelu 3D miasta Darmstadt w aplikacji CityServer3D ViewService



Źródło: CityServer3D, Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research (IGD), <http://www.cityserver3d.de/en/webvisualisation/>, dostęp: 1.11.2014.

Technologia 3D wprowadza do planowania przestrzennego chociażby możliwość analizy dachów. W dokumentach planistycznych, na mapach 2D, ze względu na skalę map, nie stosuje się oznaczeń dachów. Rodzaj, kolor dachu, kąt nachylenia połąci dachowych uwzględnia się ewentualnie w części tekstowej opracowań planistycznych.

**Analiza widoczności billboardów reklamowych** jest względnie nowym tematem badawczym. Zagadnienia związane z estetyką wizualną przestrzeni miejskiej są tematem badań wielu ośrodków naukowych, jak również stają się przedmiotem dyskusji publicznych. Narzędzia geoinformacyjne dają możliwości oceny skali presji widokowej, wywieranej przez billboardy reklamowe, na jakość przestrzeni miejskiej. Do przeprowadzenia takiej analizy potrzebna jest terenowa inwentaryzacja billboardów (pomiarów terenowych GPS, dalmierz laserowy), obejmująca pozyskanie danych o ich położeniu, wysokości środkowej części billboardu, wielkości powierzchni reklamowej, kierunku, w którym reklama jest emitowana, odległości, z jakiej poszczególne billboardy są widoczne. Analizę widoczności można przeprowadzić np. w środowisku ArcGIS 3D Analyst, gdzie na podstawie modelu kurtyń widokowych można określić indywidualny zasięg widoczności każdego billboardu.

<sup>133</sup>Zob. szerzej na stronie producenta: CityServer3D, Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research (IGD), <http://www.cityserver3d.de/en/>, dostęp: 1.11.2014.

**Analiza zasięgu możliwego oddziaływania małych elektrowni wodnych na przylegające obszary.** Obecnie istnieje spore zainteresowanie inwestorów budową małych elektrowni wodnych (MEW). Wykorzystują one energię płynącej wody i potencjalnie nie wpływają negatywnie na środowisko. Niemniej jednak, lokalizacja MEW może spowodować oprócz oczywistych zysków, także nieodwracalne szkody. Przeprowadzenie symulacji spiętrzenia wody wymagają m.in. takich danych, jak ortofotomapa, NMT, rzeczywiste pokrycie terenu, inwentaryzacja zieleni, inwentaryzacja przyrodnicza, uzbrojenie terenu, zagospodarowanie przestrzenne, struktura użytków, struktura własnościowa gruntów zagrożonych zalaniem. Następnie szacuje się przybliżone straty drzew i lasów, długość zagrożonych sieci kanalizacyjnych i elektroenergetycznych, zagrożone węzły przyrodnicze i korytarze ekologiczne, siedliska zwierząt chronionych, straty w rzeczywistym zainwestowaniu (drogi, chodniki, budynki, budowle itd.)<sup>134</sup>.

Innym przykładem „map uwarunkowań” w planowaniu przestrzennym jest **mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi**. Mapa została opracowana w wyniku realizacji pierwszego etapu projektu „System osłony przeciwosuwiskowej SOPO” rozpoczętego w 2006 r. przez Państwowy Instytut Geologiczny. Celem projektu jest rozpoznanie, udokumentowanie i zaznaczenie na mapie w skali 1:10.000 wszystkich osuwisk oraz terenów potencjalnie zagrożonych ruchami masowymi w Polsce oraz założenie systemu monitoringu wglębnego i powierzchniowego na 100 wybranych osuwiskach. Realizacja etapów I i II projektu SOPO jest planowana do końca 2015 r. Od 2016 roku planuje się kontynuację tego projektu i realizację etapu III<sup>135</sup>.

## 2.4. Transport

Systemy informacji przestrzennej znajdują szerokie zastosowanie w sektorze transportu, zarówno w skali lokalnej jak i regionalnej czy wręcz krajowej lub międzynarodowej. GIS często są zintegrowane z branżowymi systemami zarządzania i monitorowania transportu, wprowadzając dodatkowy, przestrzenny aspekt wszelkich analiz i procesów optymalizacyjnych. GIS są narzędziem, które wzbogaca i usprawnia realizację zadań związanych ze zwiększeniem jakości, a przede wszystkim efektywności działania systemów transportowych w sposób zrównoważony.

Technologia GIS dostarcza wielu metod i rozwiązań, które można zastosować w dziedzinie transportu, m.in. do:

- modelowania nasilenia ruchu,
- kontroli czasu przejazdu,
- określania stanu nawierzchni dróg,

---

134 *Małe elektrownie wodne – korzyści i zagrożenia*, [w:] „Kalejdoskop GIS”, ESRI Polska sp. z o.o., tom 1/2012, s. 35.

135 Zob. szerzej: System Osłony Przeciwosuwiskowej, Państwowy Instytut Geologiczny, <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>, dostęp: 28.11.2014.

- planowania nowych rozwiązań komunikacyjnych, rozbudowy infrastruktury, jej oceny, oceny bezpieczeństwa i wpływu na środowisko,
- analizy wypadków drogowych.

W branży transportu GIS ściśle współpracują z systemem satelitarnego określania pozycji GPS. Kontrola położenia pojazdu w czasie rzeczywistym w połączeniu z informacjami znajdującymi się w bazie GIS umożliwia określenie optymalnych połączeń dla wszelkiego rodzaju pojazdów. System może uwzględnić rodzaj pojazdu, ukształtowanie terenu, rodzaj nawierzchni oraz natężenie ruchu na poszczególnych drogach, średni czas oczekiwania na przejściach granicznych, czy wystąpienie sytuacji wyjątkowych, i na tej podstawie określić, w zależności od potrzeb, trasę najszybszą lub też połączenie najtańsze. Wykorzystanie połączonych systemów GIS i GPS w transporcie prowadzi do znacznego usprawnienia i obniżenia kosztów przewozu.

Coraz więcej firm spedycyjnych korzysta z systemów **monitorowania ruchu pojazdów**. Informacja o aktualnym położeniu pojazdów floty pozwala na ochronę cennych ładunków, sprawne odzyskanie pojazdu w przypadku kradzieży, ochronę kierowcy i ładunku w przypadku napadu, prawidłowe zarządzanie realizacją nieoczekiwanych zamówień, kontrolowanie pracy kierowców.

Klasyką i często spotykaną we wszelkiego rodzaju publikacjach urzędowych na szczeblu regionalnym graficzną prezentacją jest mapa dostępności komunikacyjnej z poszczególnych gmin do miasta wojewódzkiego (rysunek 15) oraz do centrów ośrodków subregionalnych.

W miastach są prowadzone **analizy obciążenia przystanków komunikacji publicznej**. Na podstawie danych o liczbie ludności w danej dzielnicy bądź rejonie statystycznym i zasięgu stref ciężenia danego przystanku wykonywana jest analiza, której wynikiem może być np. liczba ludności, która ma najbliżej do danego przystanku tramwajowego bądź autobusowego. Pokrewną analizą związaną z etapem projektowania systemów transportowych jest **mapa „najkrótszej drogi”**, która jest wykonywana w oparciu o mapę odległości z danego przystanku<sup>136</sup>.

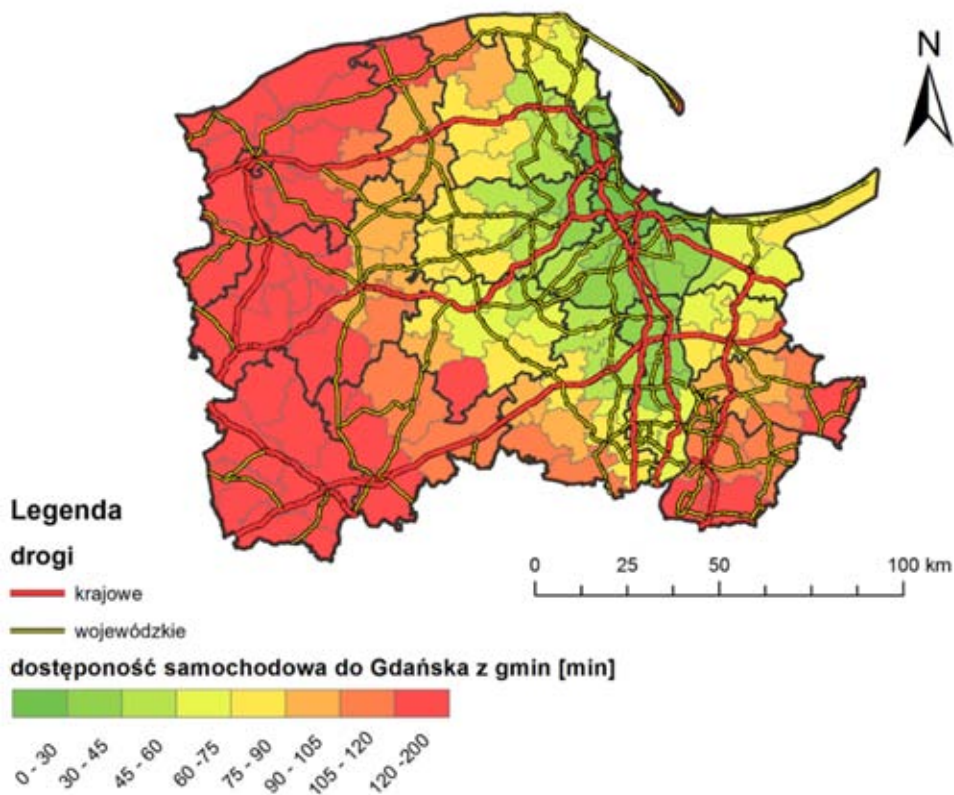
Kolejne zastosowanie GIS dotyczy zarządzania transportem multimodanym, który łączy różne gałęzie transportu. Wyznaczanie optymalnych miejsc do **lokalizacji hubów**, czyli punktów przeładunkowych, następuje w wyniku znalezienia obszarów które jednocześnie mogą być przekształcone na terenochłonne inwestycje, są dobrze skomunikowanych przez już istniejącą infrastrukturę oraz położone w optymalnych odległościach od większych ośrodków miejskich, do których będą dostarczane z niego produkty. Analiza jest bardzo skuteczna, gdy mamy dostęp do pełnej i dość szczegółowej bazy danych. Na obszarach miejskich podobne wykorzystanie dotyczy **lokalizowania punktów przesiadkowych** z transportu indywidualnego na zbiorowy tzw. system Park@Ride. Głównie są one wyznaczone przy większych węzłach przystankowych na trasie metra bądź kolei miejskiej. Jednak, aby ich położenie było w pełni zachęcające do korzystania z komunikacji publicznej, należy przewidzieć wiele wariantów i uwzględnić natężenie ruchu z każdego kierunku<sup>137</sup>.

136 Siłkowska I., *Zastosowanie narzędzi GIS w transporcie i logistyce...*

137 Tamże....



Rysunek 15. Mapa dostępności samochodowej do Gdańska z gmin województwa pomorskiego



Źródło: Siłkowska I., *Zastosowanie narzędzi GIS w transporcie i logistyce*, Uniwersytet Gdański, <http://yegroup.pl/wp-content/uploads/2013/06/Zastosowanie-narz%C4%99dzi-GIS-w-transporcie-i-logistyce.pdf>, dostęp: 22.11.2014.

Rozwój współpracy służb ratunkowych umożliwia obecnie szybkie skoordynowanie działań w sytuacjach kryzysowych, również tych związanych z wypadkami transportowymi i awariami infrastruktury. Ciekawym wykorzystaniem GISu oprócz działań prewencyjnych dotyczących przeprowadzenia symulacji różnego rodzaju zagrożeń dzięki **modelowaniu najkrótszych tras przejazdu służb ratunkowych** do miejsca wypadku możliwe jest skierowanie na akcje jednostek z różnych baz. GIS umożliwia dyspozytorom w centrach ratowniczych wybranie zespołu, który najszybciej pojawi się na miejscu zdarzenia przy uwzględnieniu takich czynników, jak: natężenia ruchu, remonty drogowe oraz aktualne położenie służb medycznych i porządkowych. Dzięki temu kluczowy w wielu sytuacjach czas oczekiwania jest istotnie krótszy. Wykorzystywane są do tego analizy sieciowe po pozyskaniu danych z precyzyjnych i skutecznych pomiarów wykonywanych przy pomocy technologii **Inteligentnych Systemów Transportowych**. Systemy te, podobnie jak GIS, są instrumentem, który zdobywa coraz większą popularność na całym świecie i ma na celu podniesienie efektywności i bezpieczeństwa transportu oraz ograniczenie jego negatywnego wpływu na otaczające nas

środowisko. Dysponując danymi z Inteligentnych Systemów Transportowych GIS zyskuje dodatkowe zastosowanie w transporcie zbiorowym. Wspomniane wcześniej zaleta interaktywnego łączenia danych z różnych źródeł sprawdza się w bieżącym monitorowaniu miejsc, gdzie występują opóźnienia w kursowaniu autobusów i przekazywaniu informacji dla pasażerów oczekujących na przystankach. Dane o położeniu pojazdów pochodzą z nadajników GPS w nich zamontowanych. Jest to najpopularniejsze wykorzystanie GISu w polskim transporcie i w miarę udoskonalania rozwiązań staje się coraz bardziej przyjazne dla podróżnych<sup>138</sup>.

Komercyjne i prywatne wykorzystanie modelowania i analiz przestrzennych cieszy się także dużym zainteresowaniem w spedycji i logistyce. Narzędzia GIS pomagają w sprawnej i optymalnej dystrybucji towarów i zarządzaniu przewozami. Wspierane są działania firm spedycyjnych, kurierskich, logistycznych, w których układane są plany przewozów dostosowane do godzin pracy pracowników i optymalnej trasy. Ponadto zaletami jest stałe monitorowanie przesyłek i kierowców przez operatora, optymalizacja załadunki oraz rozliczanie kosztów przewozu.

W transporcie drogowym zastosowanie GIS umożliwia wizualizowanie infrastruktury drogowej oraz przeprowadzenie szeregu analiz mających wpływ na ocenę stanu obecnej sieci drogowej czy lokalizację przyszłych inwestycji. Szczegółowe dane dotyczące rodzaju dróg, nawierzchni, znaków drogowych, sygnalizacji, ograniczeń w ruchu usprawniają codzienne planowanie i wyznaczanie tras przejazdu flot samochodowych, zwiększając efektywność zarządzania nimi oraz optymalizując koszty ich utrzymania. Ponadto, wprowadzając informacje o miejscach kolizji i wypadków drogowych, możemy dokonywać analiz bezpieczeństwa, a na ich podstawie zaplanować działania mające na celu jego poprawę. Z kolei integracja danych dotyczących przyrostu naturalnego czy planowania przestrzennego daje możliwość prognozowania zmian natężenia ruchu w danym obszarze.

W transporcie lotniczym GIS są wdrażane, aby sprostać wymaganiom stawianym w zakresie bezpieczeństwa, efektywnego zarządzania infrastrukturą portów lotniczych oraz przestrzenią powietrzną. GIS ułatwia zarządzanie całym portem lotniczym, czyli zarówno pasem startowym z jego wszystkimi elementami, jak i terminalem lotniczym. Ponadto daje możliwość modelowania wpływu przyszłych inwestycji na środowisko przyrodnicze oraz symulacji planowanych rozwiązań. Szybki rozwój lotnictwa, a przy tym rozbudowa i budowa nowych portów lotniczych, wymaga przeprowadzenia analiz przestrzennych.

Podsumowując, zastosowanie GIS w transporcie przyczynia się do optymalizacji kosztów i zwiększenia wydajności, daje możliwość modelowania wpływu przyszłych inwestycji na środowisko przyrodnicze i symulacji rezultatów planowanych rozwiązań komunikacyjnych, pozwala integrować dane pochodzące z różnych źródeł umożliwiając ich przejrzystą i czytelną prezentację na mapach, co znacznie ułatwia procesy decyzyjne.

---

138 Tamże...

## 2.5. Turystyka

Zgodnie z definicją Polskiej Organizacji Turystycznej, **turystyka** to ogół działań ludzi, którzy podróżują i przebywają dla wypoczynku, w interesach i w innych celach (z wyłączeniem działalności zarobkowej) przez okres nie przekraczający 12 miesięcy w miejscach znajdujących się poza zwykłym otoczeniem. Termin "turystyka" obejmuje zarówno odwiedzających, którzy zatrzymują się co najmniej na jedną noc, jak i odwiedzających jednodniowych<sup>139</sup>. Z prawnego punktu widzenia, **turysta** to osoba, która podróżuje do innej miejscowości poza swoim stałym miejscem pobytu na okres nieprzekraczający 12 miesięcy, dla której celem podróży nie jest podjęcie stałej pracy w odwiedzanej miejscowości i która korzysta z noclegu przynajmniej przez jedną noc. Natomiast osoba, która podróżuje do innej miejscowości poza swoim stałym miejscem pobytu, dla której celem podróży nie jest podjęcie stałej pracy w odwiedzanej miejscowości oraz niekorzystającą z noclegu to **odwiedzający**<sup>140</sup>.

Turystyka na świecie szybko się rozwija. Niesie to wymierne korzyści obszarom atrakcyjnym turystycznie. Samorządy, na obszarze działalności których występuje istotny ruch turystyczny, inwestują w jej dalszy rozwój upatrując w niej kluczowy czynnik rozwoju lokalnego/regionalnego. Jak zauważa J. Potocki, turystyki nie można traktować jako panaceum mającego rozwiązać wszelkie problemy społeczno-gospodarcze<sup>141</sup>.

Informacja turystyczna wraz z działaniami promocyjnymi jest integralnym elementem działań w zakresie marketingu w turystyce. GIS są wykorzystywane w turystyce zarówno po stronie turystów, jak i po stronie animatorów turystyki, biur podróży, organizacji promujących turystykę. Na przykład, Polska Organizacja Turystyczna rozbudowuje i unowocześnia Polski System Informacji Turystycznej (PSIT), który na składa się z dwóch części:

- analogowej – informacje przekazywane turystom przez pracowników jednostek świadczących usługi turystyczne, drukowane materiały promocyjno-informacyjne oraz oznakowania drogowe, pozwalające wyróżnić ciekawe obiekty i zaznaczyć ich unikalność,
- cyfrowej – ogólnokrajowy system bazodanowy Repozytorium Informacji Turystycznej tworzony wspólnie przez Polską Organizację Turystyczną (POT) i Regionalnymi Organizacjami Turystycznymi (ROT-y), dostępny w 22 wersjach językowych – **Narodowy Portal Turystyczny**<sup>142</sup> (NPT).

Informacja w formie cyfrowej przekazywana jest przy wykorzystaniu nowoczesnych narzędzi, jakimi są<sup>143</sup>:

139 Słownik, Polska Organizacja Turystyczna, <http://www.pot.gov.pl/6-4fundusze-ue/i/2014-03-17-11-58-18/slownik/turystyka>, dostęp: 12.11.2014.

140 Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o usługach turystycznych, Dz.U. z 2014 r. poz. 196, 822, art. 3.

141 Zob. szerzej: Potocki J., *Funkcje turystyki w kształtowaniu transgranicznego regionu górskiego Sudetów*, Wydawnictwo Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Wrocław 2009, s. 173.

142 Narodowy Portal Turystyczny, [www.polska.travel](http://www.polska.travel), dostęp: 20.11.2014.

143 Portal Polskiej Organizacji Turystycznej, [www.pot.gov.pl](http://www.pot.gov.pl), dostęp: 20.11.2014.

- Planer wycieczek – umożliwiający szczegółowe zaplanowanie pobytu w wybranym miejscu w Polsce, wg określonych indywidualnie przez turystę kryteriów (dostępny na NPT). Plan uwzględnia czasy pobytu w danych miejscach oraz dojazdy. Na portalu można również znaleźć ciekawe informacje o miejscach, które znajdują się na trasie wycieczki.
- Sieć urządzeń prezentacyjnych (162 infokioski oraz komputery dla turystów w punktach i centrach IT),
- Aplikacja mobilną Poland Travel dostępna na systemy Android, iOS i Windows Phone,
- *Contact Center* – infolinia turystyczna obsługująca turystów w 4 językach, 7 dni w tygodniu.

Ważnym i ciągle rozwijającym się elementem turystyki jest turystyka rowerowa. Rower jest ekologicznym i oszczędnym środkiem transportu, co powoduje wzrost jego popularności. Coraz więcej osób dostrzega jego niewątpliwe zalety oraz korzystny wpływ na zdrowie i dobre samopoczucie.

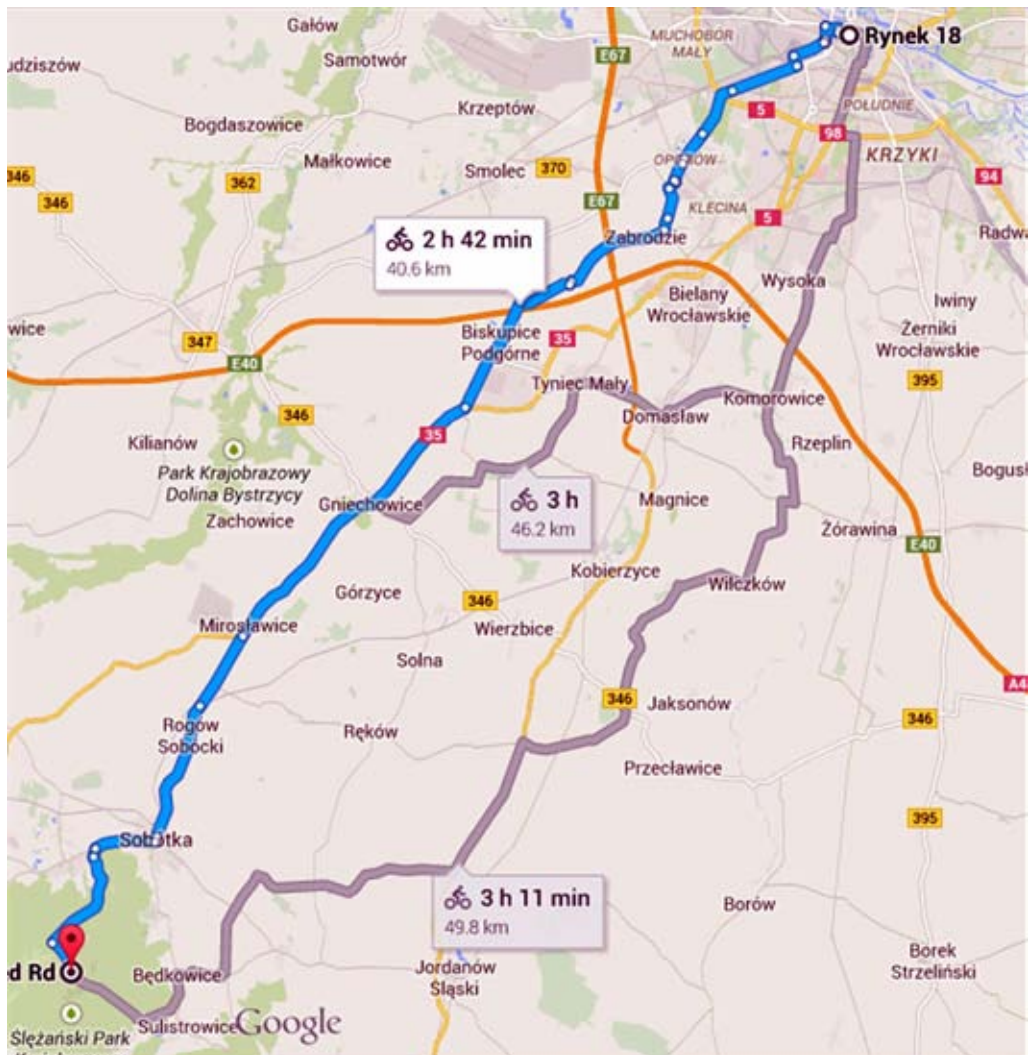
Mapy Google umożliwiają włączenie dodatkowej warstwy wyświetlającej naniesione na mapę trasy rowerowe. W USA rowerzyści korzystają z nakładki rowerowej **Google Maps** od 2010 r. W 2012 r. usługa planowania trasy rowerowej została rozszerzona na pierwsze kraje europejskie. W 2013 r. ich lista wzbogaciła się m.in. o Francję, Niemcy i Polskę. Dostęp do map Google jest możliwy zarówno z poziomu strony www, jak i aplikacji mobilnej. W przypadku rowerzystów szczególnie przydatna jest ta druga opcja. Na rysunku 16 pokazano przykład wariantowego planowania trasy wycieczki rowerowej z Wrocławia na Ślęzę w tym serwisie geoinformacyjnym.

Nawigacja po wybraniu opcji roweru generuje trasę w oparciu o inne parametry, niż klasyczna nawigacja GPS dla kierowcy samochodów. Na trasie pierwszeństwo wyboru mają drogi rowerowe, a nie drogi szybkiego ruchu. Przy obliczaniu czasu dojazdu do celu podróży uwzględniane są takie czynniki, jak natężenie ruchu na ulicach, rodzaj nawierzchni, różnica wzniesień oraz aktualna prędkość rowerzysty.

Popularnym internetowym przewodnikiem turystycznym jest aplikacja **Google Earth**, która oprócz map, zdjęć satelitarnych oferuje także widok ulicy. Dzięki niemu możemy zobaczyć nie tylko szare dachy budynków, ale także ich fasady. Siedząc przed komputerem możemy poczuć się jak w ruinach Pompejów czy centrum Nowego Jorku. Od niedawna Google zagląda w coraz trudniej dostępne miejsca. Jego kamery były już na Antarktydzie, w parkach narodowych Kalifornii czy nad jeziorem Como w Włoszech. Google Earth dostępny jest jako aplikacja do Windows, Mac OS X i Linuksa. Z programu można również korzystać na urządzeniach mobilnych.

Google Earth stanowi bogate źródło informacji. Wyszukiwarka wskazuje najbliższe hotele, restauracje i warte zobaczenia miejsca, np. takie, jak Mount Everest (rysunek 17). Pozwala także planować trasy i udostępniać je znajomym. Program oferuje także tryb symulatora lotu, w którym z kabiny F-16 lub czterosilnikowego SR22 można obejrzyć interesujące nas miejsca na Ziemi, Marsie i Księżycu. Tryb symulatora lotu umożliwia rozpoczęcie podróży od aktualnie oglądanego miejsca lub pasa startowego jednego z lotnisk.

**Rysunek 16.** Przykład wariantowego planowania trasy wycieczki rowerowej z Wrocławia na Ślązę w serwisie geoinformacyjnym Google Maps



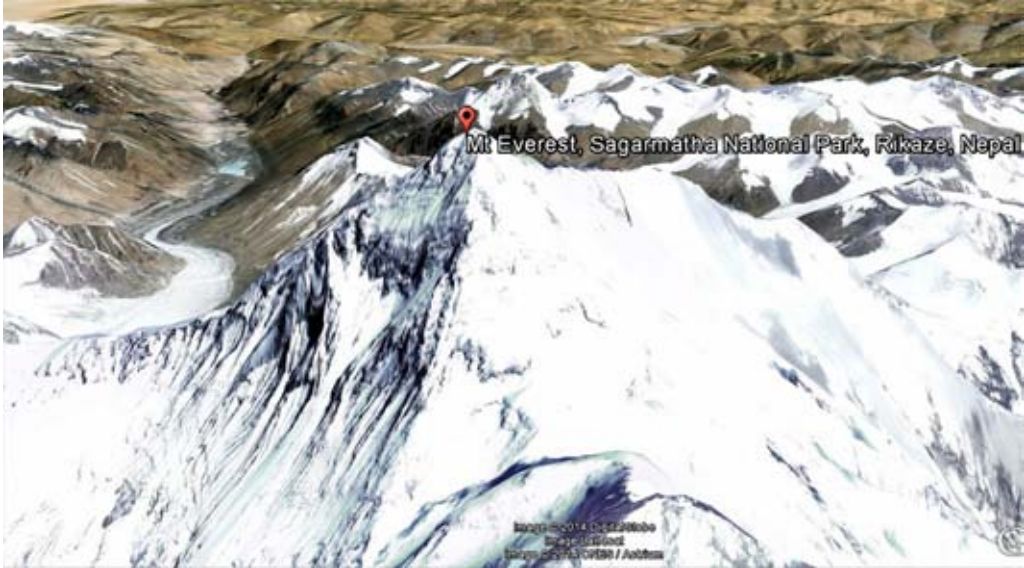
Źródło: Google Maps, <https://www.google.pl>, dostęp: 23.11.2014.

Wyszukiwarka miejsc pozwala znaleźć miasto, województwo, stan lub dzielnicę (po wpisaniu nazwy), wskazuje także miejsce na podstawie jego kodu pocztowego oraz szerokości i długości geograficznej.

Google Earth umożliwia wyświetlanie widoku z ulicy, co ułatwia wyszukiwanie poszczególnych miejsc i obiektów. Po wpisaniu trasy w wyszukiwarce (np. nazwy lub adresu dworca) oraz określeniu punktu docelowego, aplikacja wyznacza domyślnie trasę dojazdu samochodem. Istnieje możliwość wyboru opcji podróży pieszej, której aktywacja następuje po kliknięciu na ikonę symbolizującą postać ludzką. Pogodynka Google'a pozwala

sprawdzić bieżące warunki atmosferyczne oraz pokryć mapy warstwą chmur. Wyświetla także trzydniową prognozę.

Rysunek 17. Zrzut ekranu z programu Google Earth przedstawiający widok na Mount Everest



Źródło: Google Earth, zdjęcie z satelity Landsat 2014.

Oprogramowanie geoprzestrzenne do zastosowań w turystyce szybko się rozwija. Aplikacja „Podróże ZnaneNieznane” (dostępna na Androida i iOS) zawiera dane o ponad czterech tysiącach obiektów turystycznych w województwie dolnośląskim, opolskim i śląskim. Poza mapą, w aplikacji możemy też znaleźć komplet informacji na temat interesujących miejsc.

Są aplikacje, które nie wymagają podłączenia z Internetem do działania. „City Maps 2Go” dla użytkowników iPhone’a zawiera bazę około czterech tysięcy map z różnych miejsc świata. Poza dokładną siatką ulic baza danych tej aplikacji zawiera informacje o popularnych zabytkach i restauracjach.

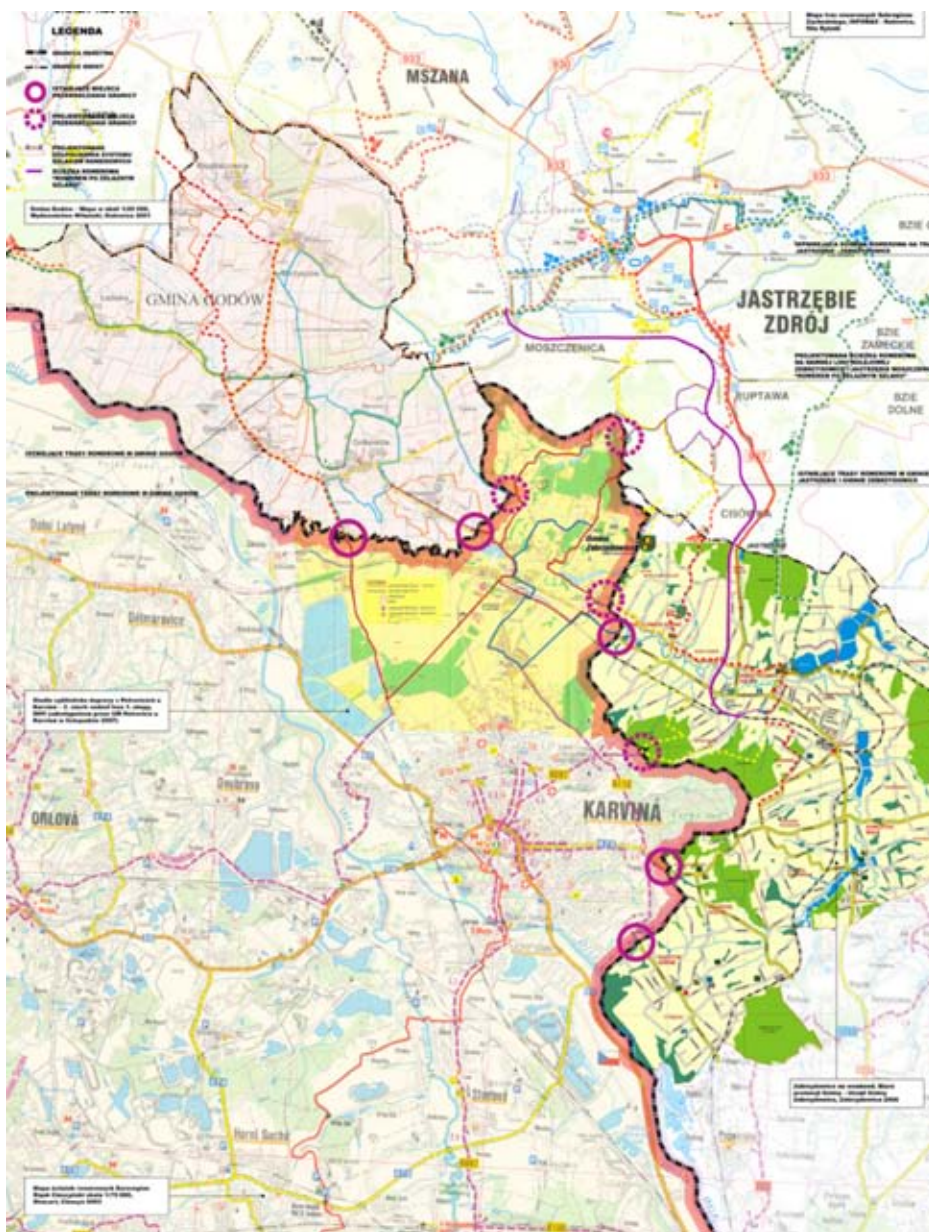
Na rynku są dostępne aplikacje, które po zainstalowaniu na urządzenie mobilne i skierowaniu na interesujący nas obiekt, rozpoznają go i wyświetlają o nim informacje z bazy. Taką funkcjonalność udostępnia np. bezpłatna aplikacja „Layar”.

Wynikiem analiz przestrzennych są m.in. plany zagospodarowania przestrzennego obszarów o wysokich walorach przyrodniczo-krajobrazowych. Na przykład, Biuro Projektów Urbanistyki i Architektury ARCA w ramach projektu *Border Tourism* opracowało koncepcję zagospodarowania kompleksu zamkowego w Zebrzydowicach oraz ścieżek rowerowych na pograniczu polsko-czeskim (rysunek 18).

Zastosowanie systemów informacji przestrzennej w turystyce jest już codziennością. Obecnie większość osób dysponuje smartfonami i laptopami z dostępem do Internetu. To

wystarczy, żeby odkrywać nowe miejsca, właściwie nie ruszając się z domu. Najbardziej rozbudowaną aplikacją w tym zakresie jest Google Earth, która pozwala zobaczyć m.in. zdjęcia satelitarne, mapy, informacje o ukształtowaniu terenu, budynki 3D.

**Rysunek 18.** *Border Tourism* – koncepcja zagospodarowania kompleksu zamkowego w Zebrzydowicach, oraz ścieżek rowerowych na pograniczu polsko-czeskim



Źródło: Biuro Projektów Urbanistyki i Architektury ARCA, [http://arcastangel.pl/wp-content/uploads/2012/07/PLANSZA\\_2\\_sklejone\\_mapy.jpg](http://arcastangel.pl/wp-content/uploads/2012/07/PLANSZA_2_sklejone_mapy.jpg), dostęp: 22.11.2014.

## 2.6. Analizy akustyczne

### 2.6.1. Źródła, rodzaje, pomiar hałasu

W ostatniej dekadzie dla obszarów dużych miast w Polsce są opracowywane **mapy uciążliwości akustycznych**. Są to wizualizacje pokazujące rozkład przestrzenny hałasu wytwarzanego przez ruch komunikacyjny. Opracowane mapy nie ujmują jednak całego zespołu zjawisk towarzyszących rozchodzeniu się fal akustycznych, tzn. refrakcji czy też interferencji – polegających na wzmocnieniu fal dźwiękowych i zmienności tła akustycznego.

Problem hałasu jest ważnym problemem technicznym, społecznym i ekonomicznym. Hałas, uznawany za jeden z elementów zanieczyszczenia, negatywnie wpływa na środowisko oraz zdrowie człowieka. W ostatnich latach na skutek zwiększenia się liczby źródeł hałasu i ich aktywności, powstał wokół nas niekorzystny klimat akustyczny, przekraczający niekiedy swoją dokuczliwość granice wytrzymałości psychofizycznej człowieka. Tak więc, poza uciążliwością utrudniającą życie, hałas może wywierać także szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka, powodując w skrajnych przypadkach trwałe uszkodzenie słuchu<sup>144</sup>.

Długotrwała ekspozycja na hałas komunikacyjny w dzielnicach mieszkaniowych przekracza granicę uciążliwości, gdzie już 65 dB wywołuje u ludzi stany nerwicowe oraz brak możliwości regeneracji organów słuchowych. Przebywanie w „hałaśliwym” środowisku ma niewątpliwie wpływ na słuch. Im większe natężenie hałasu, tym krótszy czas potrzebny jest do wystąpienia zjawiska adaptacji słuchu, a co za tym idzie - do zjawiska zmęczenia. Adaptacja polega na czasowym obniżeniu progu słyszenia, co oznacza, że po pewnym czasie słuch wraca do normy<sup>145</sup>.

Źródłami hałasu w środowisku pracy są najczęściej maszyny i narzędzia (np. młoty pneumatyczne, wiertarki, szlifierki), a w środowisku przyrodniczym pojazdy komunikacji drogowej, szynowej, lotniczej, wodnej, urządzenia komunalne (windy, hydrofony, transformatory, pompy). Ze względu na źródło i miejsce występowania hałasu, wyróżnia się hałas przemysłowy, komunikacyjny (drogowy, kolejowy, lotniczy), komunalny (osiedlowy), mieszkaniowy (domowy). Do najpowszechniejszych i najbardziej uciążliwych źródeł hałasu należy komunikacja drogowa. Poziomy dźwięku środków komunikacji drogowej wynoszą 75–90 dBA. Komunikacja lotnicza i kolejowa, mimo powodowania hałasów o wyższych poziomach, jest oceniana jako mniej uciążliwa niż ruch drogowy. Komunikacja lotnicza emituje na okoliczne tereny hałas o poziomie 80–110 dBA. Jest on najbardziej uciążliwy, a wręcz szkodliwy, lecz jego oddziaływanie dotyczy stosunkowo niewielkiej liczby ludności zamieszkałej w pobliżu lotnisk. Hałas kolejowy, z uwagi na swą cykliczność, może stwarzać problemy na terenach otaczających linie kolejowe. Zakłady przemysłowe

144 Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2012 roku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, Kraków 2013, s. 76.

145 Gradkowski K., *Redukcja hałasu od środków lokomocji*, „Przegląd komunikacyjny”, tom 7-8/2010, s. 26-31.



są źródłami hałasu wywołanego pracą maszyn i urządzeń. Wewnątrz hal przemysłowych hałas sięga 80–125 dBA i w znacznym stopniu przenosi się na tereny sąsiadujące. W sąsiedztwie zakładów przemysłowych poziomy dźwięku osiągają wartości od 50 dBA (mało uciążliwe) do 90 dBA (bardzo uciążliwe)<sup>146</sup>.

Dokumentami normatywnymi określającymi sposób pomiaru oraz dopuszczalny hałas emitowany do środowiska przyrodniczego i środowiska pracy są:

- Dyrektywa UE 2000/14/WE (EC), tzw. „hałasowa” wraz z późniejszymi zmianami zawartymi w Dyrektywie 2005/88/WE<sup>147</sup> została wdrożona do prawa polskiego<sup>148</sup>. Dyrektywa ta dotyczy maszyn i urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń (emitujących hałas do środowiska przyrodniczego), podlegających ograniczeniu oraz oznaczeniu gwarantowanego poziomu mocy akustycznej, wyszczególnionych w załącznikach do niniejszej dyrektywy oraz zapewnienia w produkcji seryjnej ustalonego dopuszczalnego poziomu hałasu.
- Dyrektywa UE 2006/42/WE (EC), tzw. „maszynowa” została wdrożona do prawa polskiego Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r.<sup>149</sup> Dyrektywa ta określa wymagania dotyczące poziomu hałasu na stanowisku operatora oraz zawiera informacje dotyczące emitowanej przez maszyny i urządzenia mocy akustycznej, które należy zamieścić w ich dokumentacji.

Wymienione akty prawne zawierają ogólne wymagania w zakresie emisji hałasu, które muszą spełniać maszyny i urządzenia. Badania hałasu opierają się na szczegółowych wymaganiach i metodach pomiaru opisanych w normach zharmonizowanych z wymienionymi dyrektywami<sup>150</sup>, m.in. w załączniku dyrektywy „hałasowej” zamieszczono opis przeprowadzenia pomiaru. Dokumenty te obligują do pomiarów hałasu i ewentualnego podejmowania stosownych działań technicznych.

Inżynieria budownictwa drogowego poszukuje różnego rodzaju rozwiązań, które przynioszą określone efekty redukcji poziomów powstających hałasu, tzw. wyciszenia nawierzchni szynowej bądź budowa cichej nawierzchni drogi samochodowej. Jednak ze względów ekonomicznych w realizacjach powszechniejsze są wszelkie urządzenia stałe ekranujące oraz ograniczające pole akustyczne hałasu emitowanego w otoczenia szlaku komunikacyjnego. Są to osłony akustyczne i ekrany poszczególnych osiedli i skupisk budynków mieszkalnych oraz budynków usługowych o czasie przebywania większym

---

146 *Badania i pomiary hałasu*, Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, <http://www.ios.krakow.pl/67,a,badania-i-pomiary-halasu.htm>, dostęp: 22.11.2014.

147 *Dyrektywa 2005/88/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 grudnia 2005 r. zmieniająca dyrektywę 2000/14/WE w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do emisji hałasu do środowiska przez urządzenia używane na zewnątrz pomieszczeń*, Dz.U. L 344/44 z 27.12.2005.

148 *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.12.2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska*, Dz.U. z 2005 r. Nr 263, poz. 2202.

149 *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn*, Dz.U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1228.

150 *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.12.2005r...*, załącznik 4.

niż 6 godzin, uzupełniane zielenią lub zakrzewianiami. Drzewa i krzewy pełnią również rolę w kształtowaniu warunków krajobrazowych i klimatycznych w otoczeniu dróg i ulic. Mechanizmy tłumienia i rozpraszania fal akustycznych są znane z podstaw fizyki jako zmiany ciśnienia atmosferycznego (ciśnienia akustycznego). Jednak skuteczność ściany zieleni w odbiciu i częściowym rozproszeniu jest znacznie mniejsza niż w przypadku konstrukcji ekranów akustycznych<sup>151</sup>.

Zasady dotyczące ochrony środowiska przed hałasem z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju określa Prawo ochrony środowiska<sup>152</sup>. Inne krajowe akty prawne, w których zawarte są wartości dopuszczalne dla środowiska przyrodniczego, jak również środowiska pracy to:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku<sup>153</sup>,
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy<sup>154</sup>,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem<sup>155</sup>.

Dopuszczalne limity natężenia hałasu w ciągu dnia są w nich określone na poziomie do 68 dB, a w nocy – do 60 dB.

Realizując założenia Państwowego Programu Monitoringu Środowiska, Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska przeprowadzają regularne pomiary hałasu komunikacyjnego (drogowego, kolejowego, lotniczego) na terenie województw. Podstawowym celem monitoringu hałasu jest wyznaczanie oraz ewidencjonowanie obszarów o ponadnormatywnym poziomie hałasu, czyli miejsc gdzie mierzony hałas przekracza dopuszczalne wartości.

Czynniki brane pod uwagę przy wyborze stanowiska pomiarowego<sup>156</sup>:

- kategoria drogi (krajowa, wojewódzka, gminna),
- odległość pierwszej linii zabudowy od źródła hałasu tj. badanego odcinka jezdni,
- gęstość i struktura zaludnienia,
- natężenie ruchu na wybranej trasie (dane pozyskiwane z okresowych lub generalnych pomiarów ruchu, przeprowadzanych przez zarządzających tymi drogami),

---

151 Gradkowski K., *Redukcja hałasu od środków lokomocji...*, s. 26-29.

152 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627.

153 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz.U. 2007 r. Nr 120 poz. 826.

154 Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U. z 2002 r. Nr 217 poz. 1833 z późn. zmianami.

155 Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem, Dz.U. Nr 140 poz. 824.

156 Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2012 roku..., s. 81.

- wybór odcinka drogi o względnie jednorodnej strukturze, możliwością bezpiecznego ustawienia aparatury pomiarowej w miejscu pomiarów.

Pod pojęciem **hałasu kolejowego** rozumie się hałas powstający w wyniku eksploatacji linii kolejowych. Zagrożenie hałasem wynikające z eksploatacji szlaku kolejowego jest znacząco odczuwalne szczególnie w najbliższym otoczeniu torowisk. O poziomie hałasu na obszarach znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie linii kolejowych decydują takie czynniki jak: natężenie ruchu, ilość pociągów towarowych (w ogólnej liczbie składów pociągów), prędkość i płynność ruchu pociągów, położenie torów, stan techniczny taboru kolejowego oraz torowiska, ukształtowanie terenu, przez który przebiega linia kolejowa, oraz odległość pierwszej linii zabudowy od skrajnego toru<sup>157</sup>.

**Hałas przemysłowy** dotyczy głównie mikro i małych przedsiębiorstw rozwijających działalność gospodarczą na posesjach o niewielkiej powierzchni, usytuowanych na terenach zabudowy mieszkaniowej. Najczęstszą przyczyną nieprzestrzegania przepisów ochrony środowiska w zakresie hałasu przemysłowego jest nieprawidłowa lokalizacja źródeł hałasu.

Występuje problem uciążliwości akustycznych związanych z działalnością usługową. Dominującym źródłem hałasu są tu najczęściej urządzenia klimatyzacyjno-wentylacyjne zamontowane na zewnątrz budynku, pracujące w cyklu automatycznym, często całodobowo.

Instrumentami zarządzania klimatem akustycznym są m.in.:

- mapa akustyczna,
- decyzje o dopuszczalnym poziomie hałasu,
- program ochrony środowiska przed hałasem.

### 2.6.2. Mapy akustyczne

Zgodnie Dyrektywą 2002/49/WE oraz z art. 118 Prawa ochrony środowiska<sup>158</sup>, na potrzeby oceny stanu akustycznego środowiska sporządza się mapy akustyczne, które powinny być aktualizowane co 5 lat. Opracowanie map akustycznych aglomeracji liczących powyżej 100 tysięcy mieszkańców zapewnia starosta. Sporządzenie map terenów poza aglomeracjami, położonych w zasięgu oddziaływania akustycznego dróg, linii kolejowych lub lotnisk, których eksploatacja może spowodować negatywne oddziaływanie akustyczne na znacznych obszarach leży w gestii zarządzającego tymi obiektami<sup>159</sup>.

Kraków jako pierwsze miasto w Polsce opracował mapę akustyczną. Projekt kosztował 225 tys. złotych. Dla porównania, na podobną mapę Warszawa wydała 2,5 mln złotych<sup>160</sup>.

157 Tamże..., s. 82.

158 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska..., art. 118.

159 Tamże..., art. 179, ust. 1.

160 Kraków i Warszawa szukają hałaśliwych miejsc, „Gazeta Krakowska”, <http://wiadomosci.wp.pl/kat-1,12611,title,Krakow-i-Warszawa-szukaja-halasllywych-miejsc,wid,9572549,wiadomosc.html?ticaid=113bcd>, opublikowano: 18.01.2008.

Mapa akustyczna Krakowa została zaktualizowana w 2012 roku. Mapa wykonana przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie we współpracy z Urzędem Miasta Krakowa stanowi istotne narzędzie wspomagające prowadzenie polityki ekologicznej miasta, zawiera kompendium wiedzy na temat klimatu akustycznego, umożliwia prawidłowe zarządzanie infrastrukturą miejską oraz jest pomocna przy podejmowaniu decyzji w sprawie wykorzystania terenów na cele inwestycyjne. Na kilkudziesięciu mapach przedstawiono zarówno emisję hałasu do środowiska w ujęciu globalnym, jak i zaprezentowano obszary o szczególnym narażeniu na hałas komunikacyjny przy użyciu wskaźników LDWN (dzień-wieczór-noc) i LN (noc):

- 1/ mapa imisyjna LDWN:
  - dla hałasu drogowego
  - dla hałasu kolejowego
- 2/ mapa imisyjna LN:
  - dla hałasu drogowego
  - dla hałasu kolejowego
- 3/ mapa terenów zagrożonych hałasem:
  - mapa przekroczeń wartości dopuszczalnych poziomów dźwięku LDWN:
    - dla hałasu drogowego
    - dla hałasu kolejowego
  - mapa przekroczeń wartości dopuszczalnych poziomów dźwięku LN:
    - dla hałasu kolejowego
    - dla hałasu drogowego
- 4/ mapa emisyjna LN:
  - dla hałasu kolejowego
  - dla hałasu drogowego
- 5/ mapa emisyjna LDWN:
  - dla hałasu kolejowego
  - dla hałasu drogowego (rysunek 19)

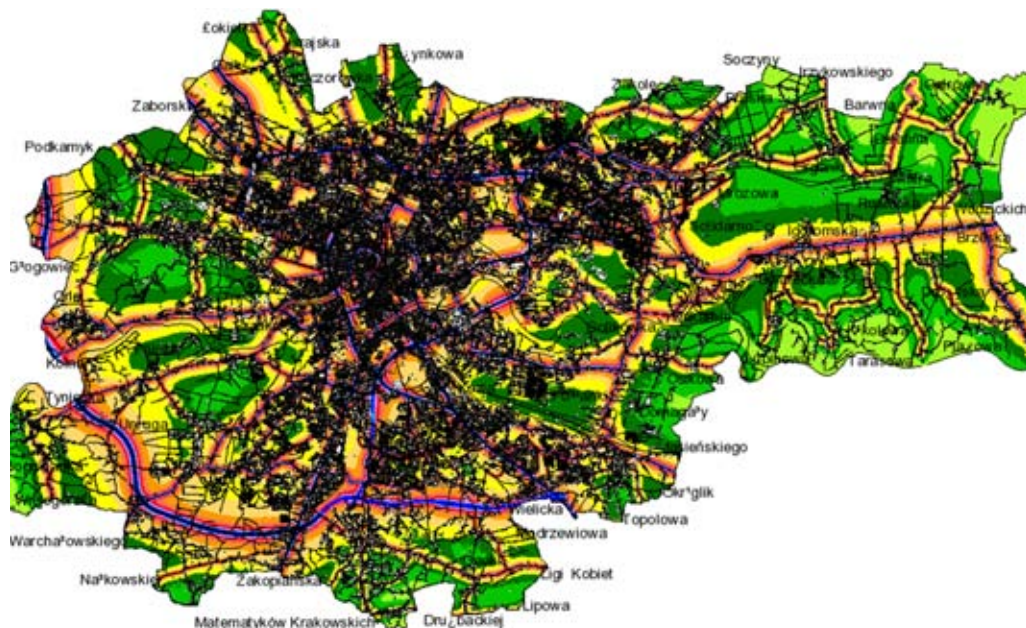
Zgodnie z Prawem ochrony środowiska rozróżnia się obecnie<sup>161</sup>:

- **obszary ciche w aglomeracji** – obszary, na których nie występują przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu wyrażonych wskaźnikiem hałasu LDWN,
- **obszary ciche poza aglomeracją** – obszary, które nie są narażone na oddziaływanie hałasu komunikacyjnego, przemysłowego lub pochodzącego z działalności rekreacyjno-wypoczynkowej.

W ramach opracowania map akustycznych wykonano modelowanie rozprzestrzeniania się hałasu w otoczeniu dróg, linii kolejowych i tramwajowych oraz obszarów przemysłowych z uwzględnieniem szczegółowych danych o konfiguracji i zagospodarowaniu tego terenu, określając poziom emisji dźwięku z poszczególnych źródeł (mapy emisyjne) oraz modelując przestrzenny rozkład emisji dźwięku (mapy imisyjne). Analizując mapy zauważyć można, iż głównym źródłem kształtującym klimat akustyczny województwa jest hałas

---

161 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska..., art. 3.

**Rysunek 19.** Fragment mapy emisyjnej LDWN hałasu drogowego w Krakowie

Źródło: Mapa akustyczna Miasta Kraków, <http://mapa-akustyczna.um.krakow.pl:280/>, publikacja: 2008 r.

drogowy. Źródła hałasu kolejowego, przemysłowego i lotniczego stanowią drugorzędne źródła, gdyż ich oddziaływanie ogranicza się do bezpośredniego otoczenia.

Dzięki nałożeniu otrzymanych zasięgów emisji na mapę obszarów o określonych rodzajach zagospodarowania i dopuszczalnych poziomach hałasu (mapa wrażliwości hałasowej) otrzymano dodatkowo wynik w postaci identyfikacji terenów zagrożonych hałasem (mapa przekroczeń wartości dopuszczalnych). Dodatkowo określono szacunkowo liczbę ludności narażonej na niekorzystne oddziaływanie hałasu kolejowego (mapa rozmieszczenia ludności ekspozowanej na hałas).

W wyniku badań wskazano obszary, na których hałas jest szczególnie uciążliwy, zinventaryzowano budynki lokalizowane na tych obszarach oraz oszacowano liczbę osób narażonych na hałas. Średni poziom hałasu w Krakowie wynosi w dzień od 70 do 73 decybeli, nocą - od 66 do 68. Przebywanie przez dłuższy czas w takim hałasie może spowodować trwałe uszkodzenie słuchu. Wskazane na mapach obszary zagrożone uwzględnia się w programie ochrony przed hałasem, którego celem jest dostosowanie poziomu hałasu do wymaganych standardów jakości środowiska.

Do analiz hałasu komunikacyjnego oraz przemysłowego laboratorium WIOŚ w Krakowie wykorzystuje oprogramowanie SoundPLAN i IMMI. Program w trakcie analiz ocenia rozprzestrzenianie się hałasu, ekranowanie, odbicia, absorpcję terenu i powietrza zgodnie z międzynarodowymi standardami. Dodatkową zaletą tych programów jest możliwość wprowadzenia przestrzennej konfiguracji terenu.

## 2.7. Ochrona środowiska

Kluczowymi pojęciami w ochronie środowiska są:

- 1/ **ochrona środowiska**<sup>162</sup> – podjęcie lub zaniechanie działań, umożliwiające zachowanie lub przywracanie równowagi przyrodniczej; ochrona ta polega w szczególności na:
  - racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu zasobami środowiska zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju,
  - przeciwdziałaniu zanieczyszczeniom,
  - przywracaniu elementów przyrodniczych do stanu właściwego,
- 2/ **zrównoważony rozwój**<sup>163</sup> – taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń.
- 3/ **środowisko**<sup>164</sup> – ogół elementów przyrodniczych, w tym także przekształconych w wyniku działalności człowieka, a w szczególności powierzchnię ziemi, kopaliny, wody, powietrze, krajobraz, klimat oraz pozostałe elementy różnorodności biologicznej, a także wzajemne oddziaływania pomiędzy tymi elementami.

Przedmiotem analiz GIS w ochronie środowiska mogą być takie zagadnienia jak: stężenie substancji niebezpiecznych, substancji powodujących ryzyko, natężenie hałasu, standard jakości środowiska, standard emisyjny, pola elektromagnetyczne, oddziaływanie na środowisko, kompensacja przyrodnicza, graniczne wielkości emisyjne. Ważnym kierunkiem badań jest ocena i wycena obszarów przyrodniczo cennych. A. Zielińska proponuje stosowanie w tym celu zestawu wskaźników rozwoju zrównoważonego<sup>165</sup>.

Z punktu widzenia zróżnicowanych metod analiz przestrzennych, w ochronie środowiska wymaga się stosowania zestandaryzowanych tzw. „**metodyk referencyjnych**” - określonych na podstawie ustawy metod pomiarów lub badań, które mogą obejmować w szczególności sposób poboru próbek, sposób interpretacji uzyskanych danych, a także metodyki modelowania rozprzestrzeniania substancji oraz energii w środowisku. Przy czym, jest dopuszczalne stosowanie innej metodyki, pod warunkiem<sup>166</sup>:

- 1/ że umożliwi ona uzyskanie dokładniejszych wyników, a uzasadnieniem jej zastosowania są zjawiska meteorologiczne, mechanizmy fizyczne i procesy chemiczne, jakim podlegają substancje lub energie – w przypadku metodyki modelowania rozprzestrzeniania substancji lub energii w środowisku;

---

162 Tamże..., art. 3.

163 Tamże...

164 Tamże...

165 Zielińska A., *Gospodarowanie na obszarach przyrodniczo cennych w Polsce w kontekście rozwoju zrównoważonego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2013, s. 138-231.

166 Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska..., art. 12.

2/ udowodnienia pełnej równoważności uzyskiwanych wyników – w przypadku pozostałych metodyk.

Wymóg stosowania metodyk referencyjnych w ochronie środowiska wyznacza kierunek rozwiązania problemu braku uniwersalnych standardów w technologii GIS.

Skonstruowana baza GIS pozwala na analizę rzeczywistych i potencjalnych zagrożeń dla środowiska przyrodniczego. Równocześnie GIS umożliwia szybką prezentację stanu środowiska, np. stanu wód (zarówno dla fachowców lub opinii publicznej) oraz natychmiastową aktualizację tych danych<sup>167</sup>.

Systemy informacji przestrzennej mogą mieć zastosowanie przy analizie wpływu projektowanych inwestycji na środowisko poprzez dostarczenie danych na temat m.in.:

- dotychczasowego sposobu użytkowania terenu (aktualna mapa zagospodarowania i użytkowania terenu),
- degradacji środowiska,
- zagrożeń (skażenia terenu),
- szaty roślinnej,
- środowiska glebowego.

Przykładem zastosowania GIS w ochronie środowiska jest opracowany przez Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie **system informacji przestrzennej dla parków zabytkowych**. Cechy tego systemu:

- obiektowy – system tworzony dla parku, elementem systemu jest drzewo, krzew, grupa drzew i krzewów.
- lokalny, system obejmuje dane zgodne z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego, umożliwia prowadzenie analiz mających na celu ochronę otoczenia parku.

Park jest obiektem punktowym, do którego przypisana zostaje informacja o jego walorach, stanie, ostatnio wykonanych zabiegach rewaloryzacyjnych i ochronnych.

Rozwija się **satelitarny monitoring środowiska**. Szczególnie zaawansowane są zastosowania technologii GIS w tej dziedzinie w NASA. Trwają prace nad zainstalowaniem na międzynarodowej stacji kosmicznej ISS (*International Space Station*) aparatury do zdalnych pomiarów zanieczyszczenia powietrza opartej na technologii LiDar (rysunek 20). Monitoring zanieczyszczenia powietrza będzie prowadzony dla obszaru Wielkich Jezior. Stosowana aparatura pomiarowa to CATS (*Cloud-Aerosol Transport System*)<sup>168</sup>.

NASA realizuje ten projekt w ramach prowadzonego od dużego projektu *Global Climate Change*. Zastosowanie dedykowanego oprogramowania do zaawansowanych analiz przestrzennych pozwoliło wykazać m.in., że od 1880 roku średnia temperatura na Ziemi rosła o 1,4<sup>0</sup>F, pokrywa lodowa Grenlandii zmniejsza się o 258 mln ton rocznie, poziom

---

167 Borysławski Z.R., *Komputerowy system informacji przestrzennej dla ochrony środowiska naturalnego w zlewni Oławy*, „Ochrona Środowiska”, nr 2(57)/1995.

168 *New International Space Station instrument will scan great lakes air*, “Environmental Monitor”, <http://www.fondriest.com/news/new-international-space-station-instrument-will-scan-great-lakes-air.htm>, opublikowano: 26.11.2014.

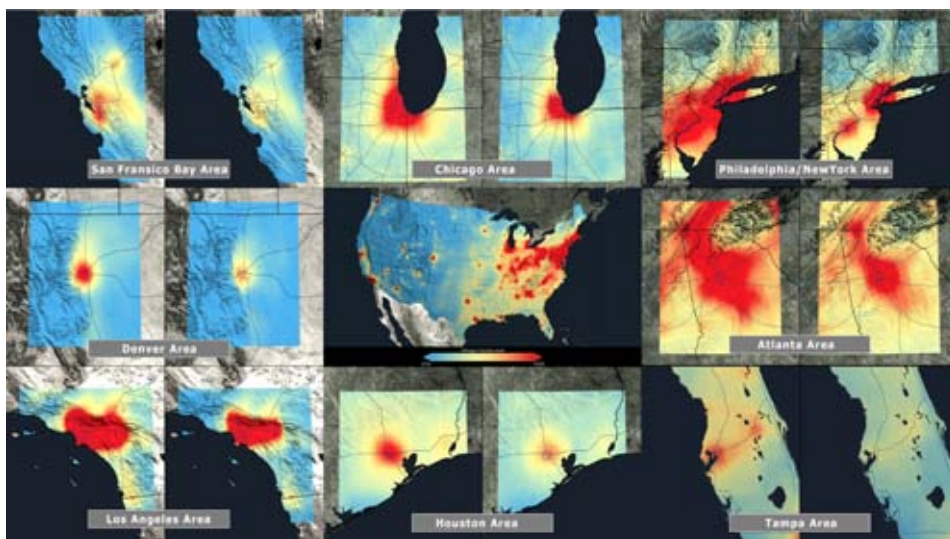
mórz i oceanów zwiększa się rocznie o 3,17 mm (w ciągu ostatnich 100 lat wzrost o około 178 mm) i inne<sup>169</sup>.

**Rysunek 20.** Międzynarodowa stacja kosmiczna ISS na orbicie, 29.05.2011 r.



Źródło: NASA, <http://www.spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-134/html/s134e010137.html>, dostęp: 25.11.2014.

**Rysunek 21.** Średnie roczne stężenie dwutlenku azotu w powietrzu wybranych stanów USA w roku 2005 i 2011



Źródło: NASA Images Highlight U.S. Air Quality Improvement – Release Materials, <http://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11579>, opublikowano: 26.06.2014.

<sup>169</sup> *Global Climate Change*, NASA, <http://climate.nasa.gov/>, dostęp: 29.11.2014.



W badaniach NASA stanu zanieczyszczenia powietrza dla obszaru Stanów Zjednoczonych stosuje się technologię GIS. Rysunek 21 pokazuje przykładową mapę wyników tych badań – średnie roczne stężenie dwutlenku azotu w powietrzu wybranych stanów USA w roku 2005 i 2011.

GIS stanowi efektywne narzędzie do monitoringu i modelowania procesów przyrodniczych. Systemy informacji przestrzennej pozwalają na symulację różnych scenariuszy i prognozowanie zmian; wprowadzają nową jakość do ochrony środowiska przyrodniczego.

Warto zauważyć, że wiele obszarów wojskowych posiada wysokie walory przyrodnicze, a ustalony sposób użytkowania przestrzeni sprawił, że wykształciły się na poligonach specyficzne siedliska, w tym również rzadkie i zagrożone. Poligony wojskowe niejednokrotnie cechują się niewielkim nasileniem działalności gospodarczej, wysokim stopniem zachowania wartości przyrodniczych, utrudnionym dostępem ludności cywilnej. W efekcie Siły Zbrojne RP są jednym z użytkowników zajmujących największy procent powierzchni gruntów w granicach Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000. W wielu przypadkach to dzięki obecności wojska na terenach o cennych wartościach przyrodniczych zostały one nie tylko zachowane, ale znalazły również dobre warunki do rozwoju<sup>170</sup>.

## 2.8. Rolnictwo i leśnictwo

Jednym z najbardziej spektakularnych zastosowań technologii GIS, przynoszącym zarazem odczuwalne efekty finansowe, jest budowa przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR) **Systemu Ewidencji Działek Rolnych** (LPIS) w ramach programu IACS. System ten odgrywa kluczową rolę w procesie przyznawania polskim rolnikom dopłat z UE. Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej konieczne było wdrożenie Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS) służącego do zapewnienia prawidłowego procesu realizacji dopłat bezpośrednich dla rolników. Jednym z większych wyzwań w ramach tworzenia IACS było pozyskanie danych referencyjnych GIS takich, jak granice działek, powierzchnie nie podlegające dopłatom i ortofotomapy, składające się na System Identyfikacji Działek Rolnych. LPIS ostatecznie objął obszar pokrywający ponad 98% powierzchni kraju<sup>171</sup>. Przez inspektorów ARiMR jest także używany program cGeoZasiewy.

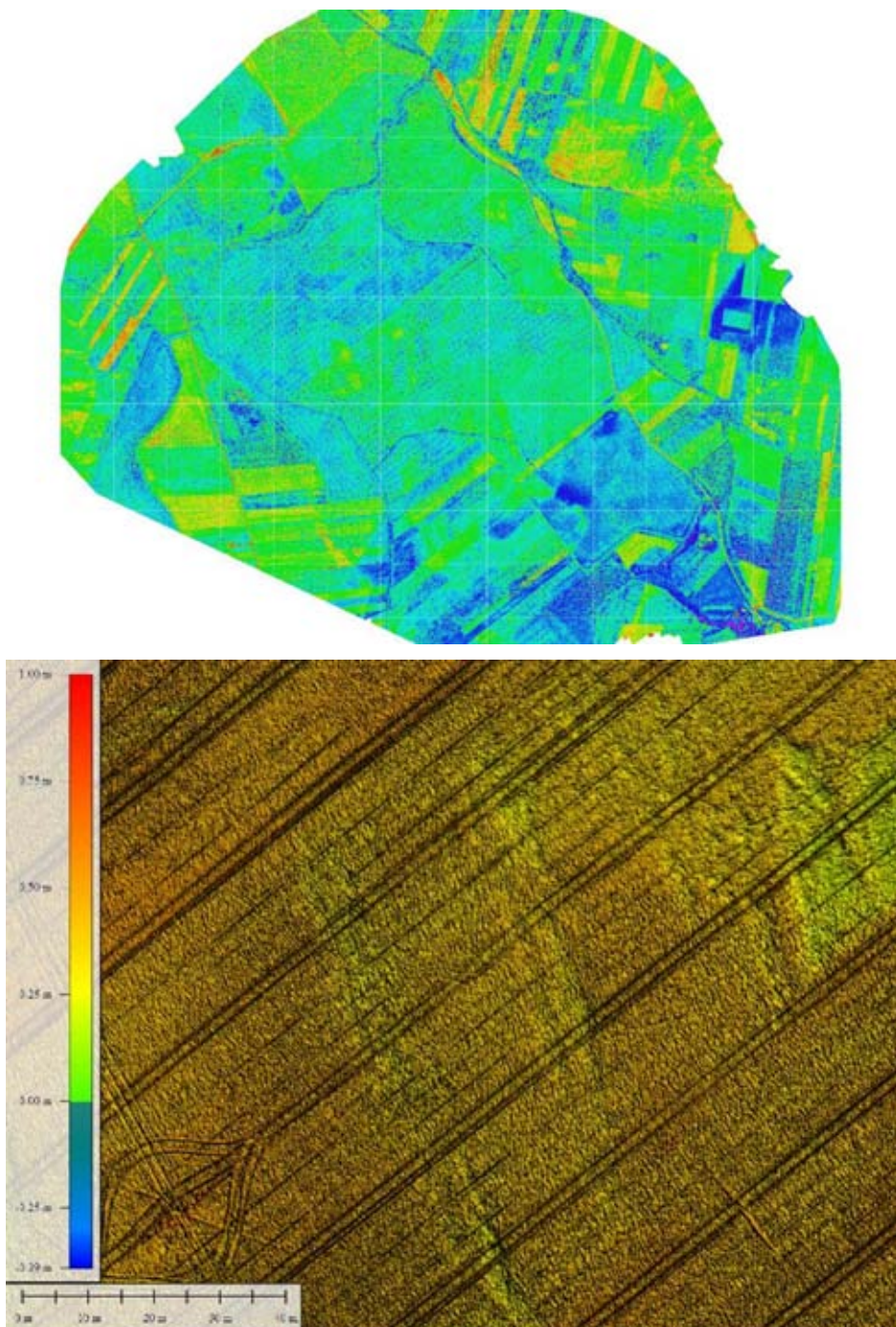
Na rysunku 22 pokazany jest przykład analiz przestrzennych wykonanych z wykorzystaniem samolotu bezzałogowego Pteryx do oceny efektywności nawożenia upraw pszenicy (na obszarze Polski w roku 2014).

System Informatyczny Lasów Państwowych - SILP jest wdrażany od 1995 roku. Funkcjonuje on w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe, które w imieniu Skarbu Państwa zarządza lasami. SILP ma usprawnić gospodarkę leśną i eliminować błędy w zarządzaniu lasem. Jego wdrożenie umożliwiło nie tylko prowadzenie złożonych analiz

<sup>170</sup> Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022..., s. 27.

<sup>171</sup> System informacji przestrzennej, <http://geoforum.pl/>, dostęp: 22.11.2014.

Rysunek 22. Przykład mapy NDVI oraz powiększonego fragmentu tej mapy



Źródło: Pteryx, <http://www.pteryx.eu/Pteryx-UAV.php?id=286>, data wykonania: 28.06.2014.

przestrzennych, będących podstawą wspomagania decyzyjnego, lecz także integrację wielu niezależnych rozwiązań informatycznych funkcjonujących w Lasach Państwowych.

Najważniejszymi elementami tworzącymi SILP są<sup>172</sup>:

- system LAS,
- aplikacja webowa SILPWeb,
- oprogramowanie SAP Business Objects,
- aplikacje leśniczego na rejestratorach.

## 2.9. Inne przykłady zastosowania GIS

Jednym z zastosowań GIS są analizy przestrzenne w czasie. Przykładem takich zastosowań jest **temporalny GIS w kopalniach odkrywkowych** w oparciu o numeryczne modelowanie i zautomatyzowane pomiary deformacji. Dotychczasowe systemy informacyjne w kopalniach odkrywkowych były oparte głównie tylko na przestrzennych danych geologicznych, górniczych i geotechnicznych z ograniczoną informacją o czasowych zmianach zachodzących w masie skalnej, a szczególnie w skarpach. Nowe technologie zautomatyzowanych i ciągłych w czasie pomiarów odkształceń pozwalają na uzyskanie informacji o dynamicznych zmianach stabilności skarp i zmianach parametrów potrzebnych do wyznaczenia kryteriów usuwisk. Informacje te, w połączeniu z nowymi metodami numerycznego modelowania stabilności skarp przy użyciu np. metody elementów skończonych (MES) mogą pozwolić na polepszenie teorii przewidywania stabilności zboczy. Stworzenie temporalnego GIS (TGIS) ma za zadanie zwiększyć dokładność przewidywalności przyszłych zdarzeń, a co się z tym wiąże podnieść bezpieczeństwo eksploatacji odkrywkowej<sup>173</sup>.

Od 2010 jest realizowany projekt „Karkonosze i INSPIRE – wspólny GIS w ochronie przyrody”, w ramach którego powstaje Geoportal Karkonoszy.

Rozwój techniki umożliwił użytkownikom oprogramowania mobilny system GIS w postaci odbiorników GPS, palmtopów lub telefonów komórkowych. Dzięki temu dostęp do danych, może być o dowolnym czasie i miejscu a co za tym idzie podejmowanie decyzji, będzie szybsze i precyzyjne. Zastosowanie tej technologii jest wykorzystywane w ratownictwie.

Rozbudowana infrastruktura dużych przedsiębiorstw, np. zakładów przemysłowych to zbiór wielu urządzeń i obiektów, które muszą być odpowiednio zinwentaryzowane i opisane. Efektywne zarządzanie i ewidencja majątku są możliwe tylko przy użyciu dedykowanych systemów informatycznych. GIS pomaga przedsiębiorstwom we wdrażaniu rozwiązań wspierających zarządzanie procesami związanymi z infrastrukturą zakładu, zagospodarowaniem przestrzennym, dokumentacją geodezyjną, kartograficzną

<sup>172</sup>Encyklopedia leśna, <http://www.encyklopedialesna.pl/hasla/index/1045>, dotęp: 22.11.2014.

<sup>173</sup>Szostak-Chrzanowski A., Szczepanie H.K. *Koncepcja temporalnego GIS w kopalniach odkrywkowych w oparciu o numeryczne modelowanie i zautomatyzowane pomiary deformacji*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 54/2009, Vol. 129, s.137-146.

i techniczną. W wyniku tych działań gromadzone są spójne i kompletne informacje umożliwiające efektywniejsze **zarządzanie przedsiębiorstwem**.

Na rynku oprogramowania komercyjnego są dostępne rozwiązania do **ewidencji sieci uzbrojenia terenu** (np. systemów dystrybucji wody i kanalizacji). Programy te umożliwiają m.in. gromadzenie informacji o sieciach i zdarzeniach na nich (np. awarie, remonty), wyszukiwanie informacji o sieciach poprzez punkty adresowe, numery działek czy informacje opisowe obiektów sieci<sup>174</sup>.

Na Ukrainie Narodowy Uniwersytet Górnictwa (*National Mining University*) stosuje dedykowany system informacji przestrzennej **RAPID GIS** (*Recognition, Automated Prognosis, Interpretation of Data*) do zintegrowanych analiz danych przestrzennych w górnictwie (zarządzanie środowiskowe, monitoring środowiska, przewidywanie wystąpienia zagrożeń naturalnych i technogennych, poszukiwanie złóż surowców naturalnych i inne). System ten jest zarejestrowany w Państwowym Wydziale Własności Intelektualnej Ministerstwa Nauki i Edukacji Ukrainy (certyfikat własności intelektualnej: ПІА No. 30616, 10.12.2009). Oprogramowanie bazuje na technologii *Data Mining*, przetwarzaniu obrazów cyfrowych, metodach geostatystycznych, analizie danych przestrzennych. W efekcie jego zastosowania uzyskuje się różne warianty rozwiązania problemu poprzez modelowania imitacyjne oraz przeprowadzanie eksperymentów komputerowych.

---

174 Kwietniewski M., *GIS w wodociągach i kanalizacji*, PWN, Warszawa 2013.

## 3. WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII GIS W BEZPIECZEŃSTWIE PUBLICZNYM

Zapewnienie bezpieczeństwa wewnętrznego i zewnętrznego jest głównym i zasadniczym zadaniem współczesnego państwa. GIS spełnia kluczową rolę w ramach bezpieczeństwa kraju na różnych poziomach terytorialnych i tematycznych. Zintegrowany system bezpieczeństwa narodowego jest nadal rozwijany w oparciu o jego dwa zasadnicze elementy: system obronny państwa i system zarządzania kryzysowego.

### 3.1. Zarządzanie kryzysowe

#### 3.1.1. Zapotrzebowanie na informacje przestrzenne w sytuacjach kryzysowych

Bezpieczeństwo wewnętrzne państwa polega na interpretacji stanu własnego podmiotu i zdolności do obniżania poziomu ryzyka, które mu zagraża. Opiera się więc na przygotowaniu podmiotu i jego zdolności aktywizowania się w celu zachowania dotychczasowego stanu<sup>175</sup>. Kluczowym elementem bezpieczeństwa wewnętrznego jest spójna polityka oraz szybkie i skuteczne reagowanie w sytuacji kryzysowej.

Integralną częścią bezpieczeństwa narodowego jest zarządzanie kryzysowe, które polega na przeciwdziałaniu zagrożeniom, przygotowaniu się na wypadek ich wystąpienia oraz na utrzymaniu lub przywracaniu stanu stabilizacji. Istotą zarządzania kryzysowego jest formułowanie celów działania, planowanie, pozyskiwanie i organizowanie zasobów (ludzkich i rzeczowych), dowodzenie oraz kontrola. System zarządzania kryzysowego składa się z procesów cyklicznych: zapobiegania sytuacjom kryzysowym, przygotowania się na te sytuacje, reagowania w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych oraz odbudowania utraconych dóbr w wyniku tych sytuacji.

Jak zauważa W. Pellowski, celem zarządzania kryzysowego nie jest przejście ze stanu decyzji podejmowanych w sytuacji kryzysowej do stanu całkowitej eliminacji zagrożeń. Do dzisiaj takiego efektu nie są w stanie zapewnić żadne instytucje, ani organizacje dysponujące najnowszymi technologiami i ogromnymi budżetami. Celem powinna być zatem poprawa efektywności planowania, przygotowania i realizacji przedsięwzięć przez przygotowanie strategii działania w sytuacji kryzysowej<sup>176</sup>.

<sup>175</sup>Zamiar Z., Wełyczko L., *Zarządzanie kryzysowe*, Wyd. Wyższej Szkoły Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu, Wrocław 2012, s. 4.

<sup>176</sup>Por. Pellowski W., Skorupka D., *Wybrane aspekty kalkulacji ryzyka podczas planowania działań kry-*

W zarządzaniu kryzysowym GIS mogą m.in. zapewnić bezpieczny dostęp do aktualnej informacji, niezbędnej do podejmowania trafnych decyzji. Funkcjonalność GIS, a także metody pozyskiwania danych przestrzennych, takie jak: tachimetria elektroniczna, fotogrametria cyfrowa, teledetekcja, teledetekcja satelitarna, skaniny laserowe, skanery 3D, InSar, GNSS, pomiary terenowe GPS mogą być wykorzystane w zarządzaniu kryzysowym. Perspektywiczne jest rozpowszechnienie wykorzystania bezałogowych statków powietrznych do celów zarządzania kryzysowego. Obecnie są realizowane projekty systemów bezałogowych klasy mikro i mini dla potrzeb realizacji misji poszukiwawczych, patrolowych oraz rozpoznawczych.

Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych nie ma jeszcze kompleksowej bazy teoretycznej, która w pełni wyjaśniałaby to zagadnienie. Większość prac skupia się głównie na rozwijaniu systemów odpowiedzialnych za powiadamianie o zagrożeniach i komunikację pomiędzy centrami zarządzania<sup>177</sup>.

Zgodnie z art. 2 ustawy o zarządzaniu kryzysowym, „zarządzanie kryzysowe” to działalność organów administracji publicznej będąca elementem kierowania bezpieczeństwem narodowym, która polega na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do przejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych, usuwaniu ich skutków oraz odtwarzaniu zasobów i infrastruktury krytycznej<sup>178</sup>. Zarządzanie kryzysowe ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa i porządku publicznego, ochronę życia i zdrowia ludności oraz ochronę mienia, środowiska i dziedzictwa kulturowego w sytuacji wystąpienia zagrożenia albo w czasie kryzysu.

Poprzez sytuację kryzysową rozumie się sytuację wpływającą negatywnie na poziom bezpieczeństwa ludzi, mienia w znacznych rozmiarach lub środowiska, wywołującą znaczne ograniczenia w działaniu właściwych organów administracji publicznej ze względu na nieadekwatność posiadanych sił i środków<sup>179</sup>. Według lokalizacji źródła kryzysu, sytuacje kryzysowe można podzielić na zewnętrzne (zagraniczne / międzynarodowe) i wewnętrzne (krajowe). Coraz bardziej istotne są aspekty międzynarodowe zarządzania kryzysowego.

Zgodnie ze *Strategią Bezpieczeństwa Narodowego RP* nadrzędnym celem strategicznym Rzeczypospolitej Polskiej jest zapewnienie korzystnych i bezpiecznych warunków realizacji interesów narodowych poprzez eliminację zewnętrznych i wewnętrznych zagrożeń, redukcję ryzyka oraz odpowiednie oszacowanie podejmowanych wyzwań i umiejętne wykorzystanie pojawiających się szans. Jednym z głównych celów strategicznych państwa w dziedzinie obronności należy zaangażowanie w międzynarodowe operacje reagowania

---

zysowych związanych z likwidacją skażeń, Żuber M. (red.) *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia podczas imprez masowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2008, s. 373.

177 Por. Różycki S., *Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej w zarządzaniu kryzysowym*, [w:] Żuber M., (red.), *Katastrofy Naturalne i Cywilizacyjne - „Zagrożenia i wyzwania dla bezpieczeństwa”*, tom II, Wrocław 2009.

178 *Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym*, załącznik do obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 sierpnia 2013 r., DzU z 2.10.2013, poz. 1166, art. 2.

179 Tamże..., art. 3, ust. 1.

krzysowego, prowadzone w pierwszej kolejności przez NATO i UE, a także przez ONZ czy w ramach doraźnych koalicji.

W przypadku pojawienia się zewnętrznego zagrożenia państwa, Rzeczpospolita Polska podejmie działania na rzecz jak najszybszego opanowania kryzysu/konfliktu w celu zminimalizowania jego skutków, a w szczególności zapobieżenia przerodzenia się kryzysu w bezpośrednie zagrożenie wojenne dla Polski lub jej sojuszników. W zależności od rozwoju kryzysu uprawnione organy podejmą decyzje o rozpoczęciu realizacji określonych przedsięwzięć zawartych w *Krajowym Planie Zarządzania Kryzysowego*<sup>180</sup>, a w sytuacji narastania zagrożenia agresją zbrojną w *Planie Reagowania Obronnego RP*<sup>181</sup>.

Zewnętrzne sytuacje kryzysowe mają, co do zasady, charakter polityczno-militarny. Natomiast sytuacje kryzysowe wewnętrzne mają zasadniczo charakter pozamilitarny. Sytuacje kryzysowe można podzielić na kryzysy wywołane przez czynnik przyrody oraz kryzysy wywołane przez działalność człowieka. Przykłady sytuacji kryzysowych wewnętrznych:

- pożary, pożary lasów,
- skażenia chemiczne na lądzie i na morzu, skażenia radiacyjne, wybuchy gazu,
- epidemie chorób zakaźnych, epizootie, epifitozy,
- katastrofy budowlane / drogowe / kolejowe / lotnicze,
- protesty społeczne (masowe manifestacje, blokady dróg, zamieszki uliczne, okupacje urzędów i zakładów),
- akty terroryzmu, zagrożenia cyberprzestrzeni,
- anomalie pogodowe (susza, upały, silne mrozy, intensywne opady, grad, deszcz nawalny, huragan, lawina, śnieżyca, powódź, podtopienie), osuwiska,
- zakłócenia w systemie elektroenergetycznym, paliwowym, gazowym (przerwy w dostawie energii elektrycznej, w dostawach paliw),
- wydobywanie i unieszkodliwienie niewypałów itp.<sup>182</sup>

Zarządzanie sytuacją kryzysową jest zbiorem czynności podejmowanych w celu działania podczas kryzysu, jego rozwoju i likwidacji skutków. Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych można podzielić na fazy:

- zapobiegania sytuacjom kryzysowym (monitorowanie sytuacji, ostrzeżenie przed zbliżającą się sytuacją kryzysową, usuwanie czynników kryzysogennych),
- reagowania, sterowania rozwojem sytuacji kryzysowej (zmniejszanie szkodliwych skutków kryzysu, przywrócenie warunków normalnych),
- kierowania usuwaniem skutków sytuacji kryzysowej, odbudowa.

W każdej z tych faz niezbędne są aktualne i wiarygodne informacje, w tym informacje przestrzenne. Kluczową rolę w zarządzaniu kryzysowym odgrywa wczesne rozpoznanie sytuacji kryzysowej, analiza zagrożeń, prognozowanie rozwoju sytuacji kryzysowej oraz niezwłoczne podejmowanie decyzji co do sposobów przeciwdziałania zagrożeniom.

180 *Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego 2013*, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, Warszawa 2013.

181 *Strategia obronności Rzeczypospolitej Polskiej. Strategia sektorowa do Strategii Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Warszawa 2009, s. 10.

182 Na podstawie: *Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego 2013...*

Działanie w sytuacji kryzysowej dotyczy podejmowania decyzji odnośnie do zdarzeń, które mogą wystąpić z określonym prawdopodobieństwem. Rozróżnia się przy tym wartość potencjalnych strat i wartość ryzyka.

**Ryzyko**, według polskiej normy ISO 31000:2012, to wpływ niepewności na cele<sup>183</sup>. Bardziej szczegółowo, oznacza to wpływ czynników wewnętrznych i zewnętrznych na niepewność osiągnięcia założonych celów. W odniesieniu do sytuacji kryzysowych ryzyko można określić jako zidentyfikowane zdarzenie niepożądane, które może wystąpić z określonym prawdopodobieństwem. Do kwantyfikacji ryzyka (prawdopodobieństwa wystąpienia konkretnego skutku w określonym czasie lub w określonej sytuacji) w zarządzaniu kryzysowym stosuje się wzór:

$$R = P \times S$$

gdzie:

$R$  – ryzyko,

$P$  – prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji kryzysowej,

$S$  – wartość potencjalnych strat, szacowane zniszczenia po wystąpieniu sytuacji kryzysowej.

W przypadku wyodrębnienia komponentów ryzyka, należy zdefiniować, obliczyć i zsumować wartości tych komponentów (ryzyka częściowe, zależne od typu sytuacji kryzysowej).

### 3.1.2. Obszary zastosowania GIS w świetle ustawy o zarządzaniu kryzysowym

Pośród narzędzi zarządzania kryzysowego wymienionych w ustawie<sup>184</sup>, GIS pozwala tworzyć m.in.:

- mapy zagrożeń, które przedstawiają obszar geograficzny objęty zasięgiem zagrożenia z uwzględnieniem różnych scenariuszy zdarzeń,
- mapy ryzyka, zwanych również matrycą ryzyka, modelem ryzyka, charakterystyką ryzyka; są to mapy lub opis przedstawiający potencjalnie negatywne skutki oddziaływania zagrożenia na ludzi, środowisko, mienie i infrastrukturę,
- siatkę bezpieczeństwa – zestawienia potencjalnych zagrożeń ze wskazaniem podmiotu wiodącego przy ich usuwaniu oraz podmiotów współpracujących i wykonywać na nich analizy przestrzenne.

Z zakresu zadań planowania cywilnego GIS pozwala przede wszystkim:

- utrzymywać bazy danych niezbędnych w procesie zarządzania kryzysowego,
- przygotowywać rozwiązania na wypadek zniszczenia lub zakłócenia funkcjonowania infrastruktury krytycznej.

Ponadto, w planowaniu cywilnym GIS może służyć do:

183 PN-ISO 31000:2012 *Zarządzanie ryzykiem. Zasady i wytyczne*, Polski Komitet Normalizacyjny, data publikacji: 5.03.2012.

184 Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym...



- ciągłego monitorowania zagrożeń,
- zapewnienia racjonalnego gospodarowania siłami i środkami w sytuacjach kryzysowych.

Na poziomie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa GIS może być wykorzystywany przy wykonywaniu takich zadań, jak:

- analiza i ocena możliwości wystąpienia zagrożeń lub ich rozwoju na terenie kraju,
- gromadzenie informacji o zagrożeniach i analiza zebranych materiałów,
- wypracowywanie wniosków i propozycji zapobiegania i przeciwdziałania zagrożeniom,
- monitorowanie potencjalnych zagrożeń,
- zapewnienie obiegu informacji między krajowymi i zagranicznymi organami i strukturami zarządzania kryzysowego.

Ministrowie kierujący działami administracji rządowej oraz kierownicy urzędów centralnych, którzy realizują zadania dotyczące zarządzania kryzysowego, mogą wykorzystywać GIS m.in. do:

- analizy i oceny możliwości wystąpienia zagrożeń, w tym dla infrastruktury krytycznej,
- organizacji monitoringu zagrożeń.

Podobne zastosowanie GIS ma na innych szczeblach systemu zarządzania kryzysowego: w zespołach zarządzania kryzysowego, w centrach zarządzania kryzysowego, w urzędach wojewódzkich (rysunek 23). Na przykład, na poziomie wojewody, GIS może być przydatny m.in. do kierowania monitorowaniem, planowaniem, reagowaniem i usuwaniem skutków zagrożeń na terenie województwa:

- 1/ W komórkach organizacyjnych urzędów wojewódzkich właściwych w sprawach zarządzania kryzysowego GIS może być wykorzystywany m.in. do:
  - gromadzenia i przetwarzania danych oraz oceny zagrożeń występujących na obszarze województwa,
  - monitorowania, analizowania i prognozowania rozwoju zagrożeń na obszarze województwa,
  - dostarczania niezbędnych informacji dotyczących aktualnego stanu bezpieczeństwa dla wojewódzkiego zespołu zarządzania kryzysowego, zespołu zarządzania kryzysowego działającego w urzędzie obsługującym ministra właściwego do spraw wewnętrznych oraz centrum,
  - gromadzenia i przetwarzania informacji dotyczących infrastruktury krytycznej zlokalizowanej na terenie województwa.
- 2/ W wojewódzkich zespołach zarządzania kryzysowego – do oceny występujących i potencjalnych zagrożeń mogących mieć wpływ na bezpieczeństwo publiczne i prognozowanie tych zagrożeń.
- 3/ W wojewódzkich centrach zarządzania kryzysowego – do nadzoru nad funkcjonowaniem systemu wykrywania i alarmowania oraz systemu wczesnego ostrzegania ludności.

Na szczeblu lokalnym zarządzanie kryzysowe należy do kompetencji starosty, jako przewodniczącego zarządu powiatu, powiatowego zespołu zarządzania kryzysowego, powiatowego centrum zarządzania kryzysowego, wójta, burmistrza, prezydenta miasta, gminnego zespołu zarządzania kryzysowego, gminnego (miejskiego) centrum zarządzania kryzysowego.

Do zadań starosty w sprawach zarządzania kryzysowego, które mogą być wspierane przez GIS należy kierowanie monitorowaniem, planowaniem, reagowaniem i usuwaniem skutków zagrożeń na terenie powiatu.

Powiatowe centra zarządzania kryzysowego zapewniają przepływ informacji na potrzeby zarządzania kryzysowego oraz wykonują na terenie powiatu zadania dla wojewódzkich centrów zarządzania kryzysowego.

Do zadań wójta, burmistrza, prezydenta miasta jako organów właściwych w sprawach zarządzania kryzysowego na terenie gminy, które mogą być wspierane przez GIS, należy m.in. kierowanie monitorowaniem, planowaniem, reagowaniem i usuwaniem skutków zagrożeń na terenie gminy.

GIS może być wykorzystywany także w realizacji zadań z zakresu zarządzania kryzysowego przez oddziały Sił Zbrojnych. Do takich zadań należy m.in.:

- współudział w monitorowaniu zagrożeń,
- wykonywanie zadań związanych z oceną skutków zjawisk zaistniałych na obszarze występowania zagrożeń,
- wykonywanie zadań poszukiwawczo-ratowniczych.

Rysunek 23. Model organizacji powiadamiania i reagowania kryzysowego



### 3.1.3. Zadania GIS w zarządzaniu kryzysowym

GIS daje spore możliwości w zarządzaniu, przewidywaniu i ocenie faktów w sytuacjach kryzysowych; są przydatne w podejmowaniu decyzji we wszystkich funkcjach zarządzania (planowania, organizowania, przewodzenia, kontrolowania).

Zastosowanie GIS w zarządzaniu kryzysowym może polegać na realizacji następujących zadań:

- zarządzanie informacjami o rzeczywistych i/lub potencjalnych zagrożeniach, identyfikacja i ocena źródeł zagrożeń, szybki dostęp do zgromadzonych danych, łączenie warstw informacyjnych,
- inwentaryzacja obiektów i zdarzeń, integrowanie danych pozyskiwanych z różnych źródeł,
- wykonywanie pogłębionych analiz przestrzennych, modelowań i symulacji, tworzenie map tematycznych,
- mapy zagrożeń, np. prognozowanie strefy oddziaływania chmur uwolnionych substancji toksycznych, mapy zagrożenia powodziowego,
- analiza zagospodarowania terenu, ocena stopnia jego narażenia na potencjalne zagrożenia oraz zasoby służb, inspekcji i straży mogących podjąć działania,
- analizy ryzyka wystąpienia sytuacji kryzysowych, modelowanie rozwoju sytuacji kryzysowej, identyfikacja obszarów zagrożonych klęskami żywiołowymi,
- planowanie akcji ratunkowej, wyznaczanie punktów przecięcia dróg ze strefą zagrożenia w celu określenia lokalizacji patroli służb porządkowych izolujących strefę zagrożenia, koordynacja działań poszczególnych służb w trakcie akcji ratunkowych,
- identyfikacja punktów adresowych, dla których należy przeprowadzić ewakuację, wyznaczanie miejsc ewakuacji ludności w przypadku wystąpienia zagrożenia,
- szacowanie liczby osób na zagrożonym terenie,
- badanie rozkładu pożarów i innych zdarzeń,
- analiza terenów zalewowych w czasie powodzi (mapy ryzyka powodziowego),
- monitorowanie zmian i określenie wielkości zniszczeń,
- publikowanie map i informacji w Internecie i inne.

Zadania te tworzą podstawy działań prowadzonych przez służby odpowiedzialne za zapewnienie bezpieczeństwa.

W pracy zespołów zarządzania kryzysowego GIS mogą być wykorzystywane m.in. do<sup>185</sup>:

- ewidencji i prezentacji na mapach obiektów niebezpiecznych, obiektów użyteczności publicznej,
- analiz demograficznych na obszarach potencjalnego zagrożenia,
- planowania rozmieszczenia punktów gromadzenia ludności, centrów dowodzenia, dróg ewakuacyjnych,
- symulacji rozchodzenia się fali powodziowej,
- symulacji zalewania terenu w przypadku uszkodzenia wałów przeciwpowodziowych,

185 Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., *GIS. Obszary zastosowań*, PWN, Warszawa 2007, s. 122.

- szacowania potencjalnych zniszczeń w zależności od przyjętych działań podczas katastrofy lub klęski żywiołowej (analiza wariantów działań) lub szacowania zniszczeń po wystąpieniu katastrofy lub klęski żywiołowej.

Do realizacji tych zadań mogą być potrzebne takie dane przestrzenne (warstwy tematyczne), jak:

- potencjalne zagrożenia wraz z buforem ich oddziaływania,
- dostępne siły i środki (wojewódzkie, powiatowe i gminne zespoły reagowania kryzysowego, jednostki ratowniczo-gaśnicze Państwowej Straży Pożarnej itd.),
- rozmieszczenie ludności,
- budynki, punkty adresowe, granice dzielnic, gmin, powiatów,
- sieci komunikacyjne (drogowa, kolejowa, wodna, lotnicza),
- fizjografia (model rzeźby terenu, stosunki wodne, klimat, dominujące kierunki wiatru itp.),
- NMT.

Większość z tych danych ma georeferencję, co pozwala na lokalizację na mapie istotnych zdarzeń z punktu widzenia działań kryzysowych.

Technologie GIS mogą być wykorzystywane we wszystkich stany gotowości kryzysowej: stałej gotowości kryzysowej, podwyższonej gotowości kryzysowej, gotowości zagrożenia kryzysowego oraz pełnej gotowości kryzysowej.

Dane przestrzenne mają coraz większe znaczenie w zarządzaniu kryzysowym. Ogólnie, w administracji publicznej blisko 80% podejmowanych decyzji wiąże się z określonymi lokalizacjami. GIS wykorzystują dane w postaci wektorowej i rastrowej, pozwalają na zapytania do baz danych, poszukiwanie najkrótszych dróg dojazdu, buforowanie, analizy nakładania, bliskości, analizy powierzchniowe, symulacje związane z zarządzaniem ryzykiem i inne analizy przestrzenne. Nowoczesne systemy informacji przestrzennej wykorzystują m.in.: modele trójwymiarowe (3D), teledetekcję satelitarną, mobilne rozwiązania GNSS/GIS, bezałogowe systemy latające.

Dane teledetekcyjne w Polsce zaczęły być dostępne cztery dekady temu. Można je było pozyskiwać z satelitów z zainstalowanymi urządzeniami rejestrującymi obraz powierzchni Ziemi oraz z samolotów wyposażonych w specjalne kamery (np. skanning laserowy). Obecnie rozwija się oprogramowanie umożliwiające rozpoznawać obiekty (rodzaje pokrycia / użytkowania terenu) ze zdjęć uzyskanych tą metodą.

Mobilne rozwiązania GNSS/GIS pozwalają profesjonalnie, szybko i tanio pozyskiwać i weryfikować dane bezpośrednio w terenie. Jest to jedna z najefektywniejszych metod aktualizacji i weryfikacji danych dla małych i średnich obszarów. W przypadku rozległych zagrożeń (powódzie, pożary) technologia GPS/GIS może być przydatna m.in. podczas weryfikacji planów działania na poziomie taktycznym i strategicznym czy w trakcie samych akcji (podejmowanie decyzji w oparciu o informacje przesłane z terenu); umożliwia analizę strat wywołanych sytuacjami kryzysowymi rozległymi w czasie i przestrzeni. Wykorzystanie urządzeń GPS zamontowanych w radiowozach pozwala dyspozytorowi w czasie rzeczywistym uzyskiwać informację o ich aktualnej pozycji i odpowiednio planować działania służb.

Bezzałogowe systemy powietrzne, wyposażone w urządzenia do rejestracji danych już nie są wykorzystywane tylko przez służby specjalne i siły zbrojne. Ich zalety: wielofunkcyjność (od rozpoznania do wykonywania działań), zdolność operacyjna (szybki start praktycznie w dowolnym miejscu, małe rozmiary, przenośność) i uniwersalność (możliwość pozyskiwania zdjęć wielospektralnych, danych wysokościowych oraz nagrywania obrazu rejestrowanego przez kamerę) zdecydowały o ich integracji z technologią GIS. Na przykład, wiodący producent oprogramowania GIS firma Esri Inc. we współpracy z GV Video Framework, utworzyły dodatek do programu ArcGIS for Desktop umożliwiający pracę z danymi Full Motion Video (FMV) pozyskiwanymi z bezzałogowych systemów latających. Dane FMV to seria zdjęć wielospektralnych (najczęściej w kanałach R, G, B oraz IR), z zapisanymi parametrami orientacji platformy BSP, co pozwala na rektyfikację zdjęć w układzie współrzędnych geograficznych. Dane FMV w powiązaniu z GIS wyglądają jako film, którego kolejne kadry są wyświetlane bezpośrednio na mapie i zmieniają swój zasięg oraz kształt w zależności od położenia i odchylenia kamery od pionu. Rozwiązanie to pozwala operatorowi GIS obserwować wierny obraz sytuacji, najbardziej zbliżony do warunków rzeczywistych, co w sytuacjach kryzysowych może wpłynąć na trafność podejmowanych decyzji. Technologia FMV jest stosowana wszędzie tam, gdzie człowiek nie jest w stanie dotrzeć lub tam, gdzie dostęp jest utrudniony, a także w sytuacjach, gdy prowadzenie wywiadu terenowego niesie zbyt duże ryzyko lub nie ma czasu na jego podjęcie. FMV jest ważnym elementem procesu tworzenia spójnego obrazu operacyjnego. Należy się spodziewać jeszcze ściślejszej integracji systemów FMV z GIS i ich wykorzystania do automatycznego wykrywania zagrożeń oraz analizy zmian<sup>186</sup>.

### 3.1.4. Przykłady zastosowań systemów informacji przestrzennej w zarządzaniu kryzysowym

Technologia GIS jest skutecznie wykorzystywana w zarządzaniu kryzysowym. Oprócz typowych jej zastosowań w podmiotach zarządzania kryzysowego, można podać takie przykłady, jak:

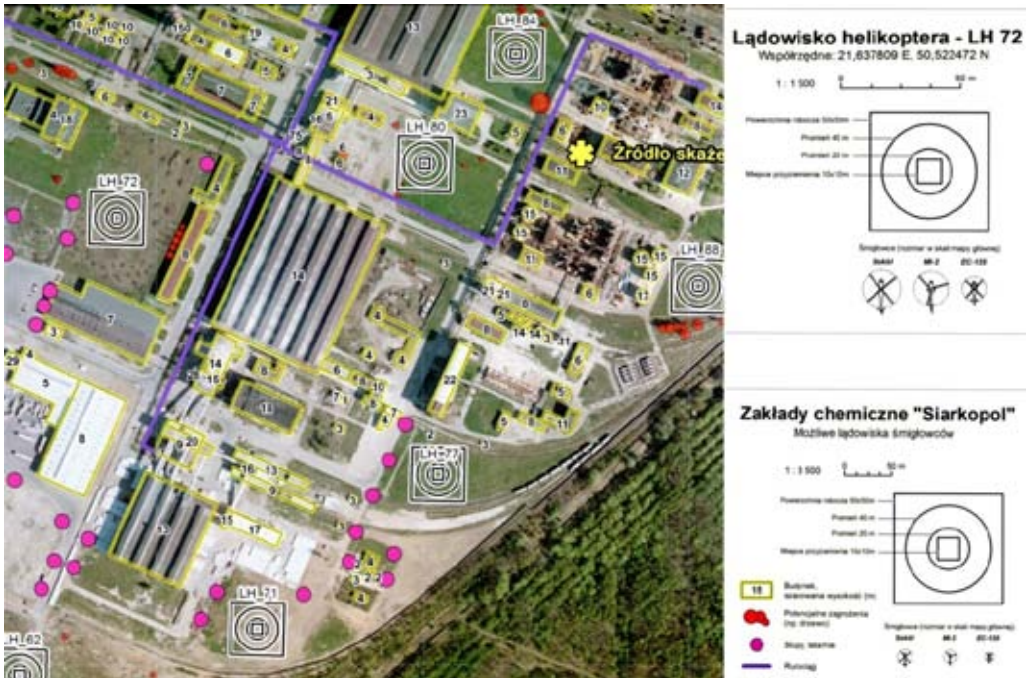
- 1/ lokalizacja potencjalnych lądowisk dla śmigłowców w sytuacji kryzysowej (rys. 24),
- 2/ ocena zagrożenia lawinowego (rys. 25).

Na rysunku 24 przedstawiono fragment mapy potencjalnych lądowisk dla śmigłowców przygotowaną przez analityków Zespołu Obserwacji Ziemi z Centrum Badań Kosmicznych PAN na potrzeby międzynarodowych ćwiczeń EU Carpathex 2011, które miały za zadanie sprawdzenie i koordynację działania służb ratunkowych w ramach przygotowań do turnieju UEFA EURO 2012. Jednocześnie symulowane były: powódź, wielkoobszarowy pożar lasu, katastrofa kolejowa z udziałem pociągu pasażerskiego i transportującego chemikalia, katastrofa techniczna i skażenie chemiczne na terenie przemysłowym. Na podkładzie ortofotomapy satelitarnej naniesiono elementy infrastruktury kluczowe dla działania śmigłowca: budynki, drzewa, kominy, rurociągi, słupy, linie energetyczne. Wytypowano najbezpieczniejsze miejsca przyziemia śmigłowców<sup>187</sup>.

<sup>186</sup> Full Motion Video – więcej niż film, „ArcanaGIS” nr 10/2013, s. 14-17.

<sup>187</sup> „Kalejdoskop GIS”, Esri Polska Sp. z o.o., tom 1/2012, s. 96-97.

Rysunek 24. Mapa potencjalnych lądowisk dla śmigłowców



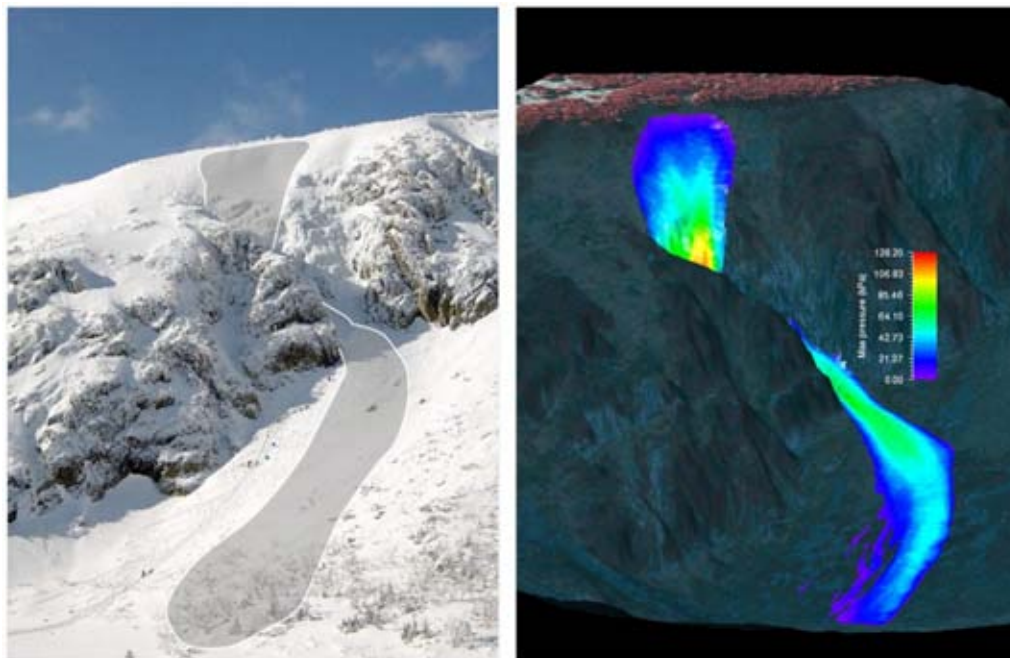
Źródło: „Kalejdoskop GIS”, Esri Polska Sp. z o.o., tom 1/2012, s. 96-97.

Kolejnym przykładem zastosowania GIS w zapobieganiu sytuacjom kryzysowym jest lokalizacja obszarów zagrożenia lawinowego i ocena potencjalnych skutków jego oddziaływania. Celowi temu służy tworzenie map zagrożenia lawinowego. Większość takich map została opracowana przy użyciu metod GIS. Podstawą opracowania map zagrożenia lawinowego jest wyznaczenie obszarów potencjalnego uwolnienia lawin.

Na rysunku 25 jest pokazany przykład opracowania toru lawiny za pomocą analizy narzędziami GIS opracowany w ramach projektu „Wpływ warunków śniegowych i terenowych na wielkość obszarów zagrożenia lawinowego w wybranych masywach górskich Karpat i Sudetów”. Na zdjęciu widoczny jest zasięg lawiny w Śląskim Żlebie Kotła Małego Stawu, która w 2003 roku spowodowała śmierć jednej osoby, raniąc też poważnie dwie inne. Szczegółowa analiza takich przypadków pozwala na kalibrację modeli numerycznych i dostosowanie ich do warunków występujących w pasmach górskich. Przewiedzone badania udowadniają też, że zasięgi oraz skutki potencjalnych lawin są możliwe do przewidzenia<sup>188</sup>.

188 Czy można przewidywać lawiny? Karkonoski Park Narodowy, <http://www.kpn.mab.pl/pl/news/czy-mozna-przewidywac-lawiny,236>, data publikacji: 15.02.2011. W latach 2013-2014 Koło Naukowe Grupa Młodych Geodetów Politechniki Wrocławskiej także realizowało projekt „Ocena zagrożenia lawinowego w wybranych rejonach Karkonoszy”.

**Rysunek 25.** Przykład opracowania toru lawiny za pomocą narzędzi GIS



Źródło: *Czy można przewidywać lawiny?* Karkonoski Park Narodowy, <http://www.kpnmab.pl/pl/news/czy-mozna-przewidywac-lawiny,236>, data publikacji: 15.02.2011.

Zastosowanie GIS w typologii obszarów potencjalnego występowania lawin śnieżnych było przedmiotem badań w Tatrzańskim Parku Narodowym. Wydzielenie obszarów lawin zostało oparte o szwajcarską metodę zaproponowaną przez badaczy z Instytutu Badań Śniegu i Lawin w Davos<sup>189</sup>. W metodzie tej wykorzystano dane historyczne z okresu 50 lat, dotyczące miejsc schodzenia lawin w celu wyznaczenia obszarów o jednolitej formie morfologicznej, które stanowią miejsca występowania lawin o podobnym charakterze powstania. Materiałem głównej analizy był NMPT o wysokiej rozdzielczości przestrzennej, na którym wyznaczone zostały poszczególne miejsca potencjalnego zagrożenia lawinowego, sklasyfikowane według trzech grup: płaskie, wypukłe i wklęsłe. Analizę prowadzono pod kątem takich parametrów, jak: nachylenie stoku, forma terenu, pokrycie terenu, ekspozycja stoku, zacinienie bądź naświetlenie obszaru. Dzięki tej analizie stworzono mapę zagrożenia lawinowego w rejonie Kasprowego Wierchu w Tatrach<sup>190</sup>.

Zagrożenia mogą powodować także ataki terrorystyczne. Za pomocą narzędzi GIS można zbadać np. cechy geoprzestrzeni, które mogą stać się atraktorem przestrzennym

189 Maggioni M., *Avalanche release areas and their influence on uncertainty in avalanche hazard mapping*, PhD dissertation, Zurich 2004.

190 Chrustek P., *Zastosowanie GIS w typologii obszarów potencjalnego występowania lawin śnieżnych na przykładzie rejonu Kasprowego Wierchu w Tatrach*, [http://warsztaty-gis.ispik.pl/pdf/VI\\_3\\_Typowanie\\_lawin\\_w\\_TPN.pdf](http://warsztaty-gis.ispik.pl/pdf/VI_3_Typowanie_lawin_w_TPN.pdf), dostęp: 20.11.2014.

ataków terrorystycznych, czyli miejscem w przestrzeni, które przyciąga określony rodzaj zdarzenia.

Bajerowski definiuje atraktor układu przestrzennego, jako formę użytkowania przestrzeni, do której ta przestrzeń będzie dążyć lub którą będzie „wymuszać” ze względu na wyjściowy stan parametrów (cech, własności) ją charakteryzujących<sup>191</sup>. Terrorysta planując atak, nie wybiera miejsca przypadkowo, lecz analizuje dokładnie potencjalne obszary i konkretne cele. Nagromadzenie określonych cech w przestrzeni na określonym obszarze czyni go wyjątkowo atrakcyjnym, wręcz przyciągającym w kontekście określonych zdarzeń kryzysowych, w tym np. przeprowadzenia ataku terrorystycznego. Na podstawie lokalizacji poszczególnych zbiorów cech można wyznaczyć tzw. „baseny przyciągania”<sup>192</sup>.

Podsumowując, systemy informacji przestrzennej mają coraz większe zastosowanie w zarządzaniu kryzysowym. Kluczową zaletą GIS jest możliwość analizy sporych ilości danych, które pozwalają nie tylko wyjaśnić przyczyny zagrożeń, ale i prognozować rozwój sytuacji kryzysowych. Z drugiej strony, GIS pozwalają minimalizować tzw. „szum informacyjny”, co skraca czas reakcji w przypadku wystąpienia zagrożenia.

GIS są ważnym narzędziem wspomagania i optymalizacji decyzji w sytuacjach kryzysowych; pozwalają podnieść efektywność i skuteczność kierowania działaniami i koordynacji służb ratowniczych oraz jednostek zarządzania kryzysowego. Pełne wykorzystanie możliwości GIS jest możliwe w zintegrowanych systemach zarządzania kryzysowego – jeśli dane są odpowiednio często aktualizowane.

Jak wynika z analizy zadań z zakresu zarządzania kryzysowego na poszczególnych szczeblach, GIS ma zastosowanie w wielu zadaniach określonych w ustawie o zarządzaniu kryzysowym. W każdym organie administracji publicznej wyznaczonym do realizacji tych zadań występuje potrzeba dostępu do aktualnych informacji przestrzennych oraz spory potencjał wykorzystania technologii GIS. Współpraca wszystkich organów wymaga utworzenia wspólnej platformy wymiany informacji. Jest to możliwe w technologii GIS.

### 3.2. Monitoring i ochrona infrastruktury krytycznej

Jak wykazano w poprzednim punkcie, ochrona i monitoring infrastruktury krytycznej jest ważnym zadaniem organów zarządzania kryzysowego. Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej zaczyna mieć wymiar bezpieczeństwa narodowego, a dostęp do kluczowych usług pozostaje wymiernym aspektem bezpieczeństwa narodowego i obowiązkiem państwa w stosunku do obywatela<sup>193</sup>.

191 Bajerowski T., *Niepewność w dynamicznych układach przestrzennych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2003, s. 92.

192 Zob. szerzej: Kowalczyk A., *Określenie i analiza cech geoprzestrzeni istotnych w procesie identyfikacji atraktorów przestrzennych ataków terrorystycznych* [w:] Żuber M. (red.) *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Interdyscyplinarność nauk o bezpieczeństwie*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2013, s. 107.

193 *Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022...*, s. 24.



**Infrastruktura krytyczna** oznacza systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców. Infrastruktura krytyczna obejmuje systemy<sup>194</sup>:

- zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa,
- łączności,
- sieci teleinformatycznych,
- finansowe,
- zaopatrzenia w żywność,
- zaopatrzenia w wodę,
- ochrony zdrowia,
- transportowe,
- ratownicze,
- zapewniające ciągłość działania administracji publicznej,
- produkcji, składowania, przechowywania i stosowania substancji chemicznych i promieniotwórczych, w tym rurociągi substancji niebezpiecznych.

W związku z tym, że w dobie postępującej globalizacji i rozwoju technologicznego poszczególne obiekty infrastruktury krytycznej są coraz bardziej współzależne nie tylko w wymiarze jednego państwa, ale i w skali regionalnej, europejskiej, a nawet światowej, uległ interakcjonalizacji problem ich podatności na potencjalne zagrożenia. **Europejska infrastruktura krytyczna** obejmuje systemy w zakresie energii elektrycznej, ropy naftowej i gazu ziemnego oraz transportu drogowego, kolejowego, lotniczego, wodnego śródlądowego, żeglugi oceanicznej, żeglugi morskiej bliskiego zasięgu i portów, zlokalizowane na terytorium państw członkowskich Unii Europejskiej, których zakłócenie lub zniszczenie miałyby istotny wpływ na co najmniej dwa państwa członkowskie<sup>195</sup>.

**Ochrona infrastruktury krytycznej** – są to wszelkie działania zmierzające do zapewnienia funkcjonalności, ciągłości działań i integralności infrastruktury krytycznej w celu zapobiegania zagrożeniom, ryzykom lub słabym punktom oraz ograniczenia i neutralizacji ich skutków oraz szybkiego odtworzenia tej infrastruktury na wypadek awarii, ataków oraz innych zdarzeń zakłócających jej prawidłowe funkcjonowanie<sup>196</sup>.

Wykaz infrastruktury krytycznej znajduje się w planach zarządzania kryzysowego województwa, powiatu lub gminy. Plany te zawierają także priorytety w zakresie ochrony oraz odtwarzania infrastruktury krytycznej.

Zadania z zakresu ochrony infrastruktury krytycznej obejmują<sup>197</sup>:

- 1/ gromadzenie i przetwarzanie informacji dotyczących zagrożeń infrastruktury krytycznej,

---

194 Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym..., art. 3.

195 Tamże...

196 Tamże...

197 Tamże..., art. 6.

- 2/ opracowywanie i wdrażanie procedur na wypadek wystąpienia zagrożeń infrastruktury krytycznej,
- 3/ odtwarzanie infrastruktury krytycznej,
- 4/ współpracę między administracją publiczną a właścicielami oraz posiadaczami samoistnymi i zależnymi obiektów, instalacji lub urządzeń infrastruktury krytycznej w zakresie jej ochrony.

Z zakresu zadań ochrony infrastruktury krytycznej GIS ma zastosowanie przede wszystkim w gromadzeniu i przetwarzaniu informacji dotyczących zagrożeń infrastruktury krytycznej.

### 3.3. System Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego

Ogólnie, terminem **ratownictwo** określa się środki i metody ratowania życia, pomocy w warunkach zagrożenia, a także służące ratowaniu lub zabezpieczeniu sprzętu i mienia. **System ratownictwa medycznego** to zintegrowany system działania różnych służb cywilnych, publicznych i porządkowych w sytuacjach zagrożenia życia. Celem tego systemu jest zwiększenie szans przeżycia osób poszkodowanych niezależnie od przyczyny zagrożenia jego życia. Filarem tego systemu stanowią lekarze o specjalizacji medycyny ratunkowej, pielęgniarze wyspecjalizowani z zakresu medycyny ratunkowej oraz ratownicy medyczni. Ideą systemu ratownictwa medycznego jest integracja wszystkich podmiotów ratownictwa w jeden system o zgodnej sieci łączności, wspólnych procedurach ratowniczych, kompatybilny sprzęt medyczny oraz ustalonej procedurze działań zapewniającej poszkodowanemu dotarcie do leczenia w odpowiedniej jednostce medycznej.

Jednostkami systemu ratownictwa medycznego są:

- szpitalne oddziały ratunkowe (SOR),
- zespoły ratownictwa medycznego,
- lotnicze pogotowie ratunkowe.

Jednostki systemu biorące udział w medycznych działaniach ratowniczych współdziałają z:

- jednostkami krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego i policji,
- pododdziałami sił zbrojnych,
- organizacjami społecznymi i stowarzyszeniami (np. Górkim Ochotniczym Pogotowiem Ratunkowym)<sup>198</sup>.

Z dniem 1.01.2015 wchodzi w życie zapis w ustawie o Państwowym Ratownictwie Medycznym o utworzeniu **Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego - SWD PRM**<sup>199</sup>. Ma to być system teleinformatyczny umożliwiający<sup>200</sup> (rysunek 26):

198 Zob. szerzej m.in.: *Encyklopedia*, GAZETAPRAWNA.PL, [http://www.gazetaprawna.pl/encyklopedia/medycyna/hasla/338882,ratownictwo\\_medyczne.html#](http://www.gazetaprawna.pl/encyklopedia/medycyna/hasla/338882,ratownictwo_medyczne.html#), dostęp: 28.11.2014.

199 Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym, Dz.U. 2006 Nr 191 poz. 1410, art. 3.

200 Tamże...

- przyjęcie z centrum powiadamiania ratunkowego<sup>201</sup> zgłoszeń alarmowych,
- dysponowanie zespołów ratownictwa medycznego,
- rejestrowanie zdarzeń medycznych,
- prezentację miejsca geograficznego zdarzenia alarmowego,
- pozycjonowanie zespołów ratownictwa medycznego.

**Rysunek 26.** Schemat ideowy funkcjonowania Centrów Powiadamiania Ratunkowego



Źródło: Opis przedmiotu zamówienia (OPZ) na budowę i wdrożenie ogólnokrajowego Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego (SWD PRM), Centrum Projektów Informatycznych MSWiA, s. 8.

Utrzymanie oraz obsługę techniczną SWD PRM zapewnia minister właściwy do spraw administracji publicznej. Na terenie województwa utrzymanie systemu zapewnia wojewoda<sup>202</sup>. Funkcjonowanie systemu jest finansowane z budżetu państwa.

Jak wynika z architektury systemu, jest on zintegrowany z wieloma innymi systemami teleinformatycznymi i bazami danych, w tym z krajowym geoportalem infrastruktury informacji przestrzennej (rysunek 27). Nieodpłatny dostęp do zbiorów danych przestrzennych centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego i związanych z nimi usług SWD PRM uzyskuje za pośrednictwem systemu teleinformatycznego<sup>203</sup>.

Parametry funkcjonalne SWD PRM, sposób jego funkcjonowania w sytuacjach awaryjnych oraz sposób utrzymania są określone z uwzględnieniem potrzeby zapewnienia optymalnego poziomu współpracy z dziedzinowymi systemami teleinformatycznymi w ochronie zdrowia – Elektroniczną Platformą Gromadzenia, Analizy i Udostępnienia Zasobów Cyfrowych o Zdarzeniach Medycznych<sup>204</sup>, Systemem Wspomagania Ratownictwa Medycznego<sup>205</sup> oraz z systemem teleinformatycznym systemu powiadamiania ratunkowego.

SWD PRM zapewnia bezpieczne przetwarzanie danych, w tym kontrolę dostępu użytkowników do danych, oraz dokumentuje dokonywane przez nich zmiany, umożliwiając w szczególności odtworzenie historii każdego zgłoszenia alarmowego. Dysponent zespołów ratownictwa medycznego przetwarza dane zarejestrowane w SWD PRM, w tym nagrania rozmów telefonicznych, dane osobowe osoby zgłaszającej, dane innych osób wskazanych w trakcie przyjmowania zgłoszenia, pozycje geograficzne, dane teleadresowe lub opis zdarzenia, i udostępnia je na wniosek sądu, prokuratury, Policji lub Narodowego Funduszu Zdrowia<sup>206</sup>. Informacje dotyczące lokalizacji zakończenia sieci, z którego zostało wykonane połączenie do numeru alarmowego 112 albo innego numeru alarmowego, oraz dane dotyczące abonenta SWD PRM uzyskuje za pośrednictwem centralnego punktu systemu powiadamiania ratunkowego.

SWD PRM jest realizowany w ramach tworzonego od 2011 roku przez Centrum Projektów Informatycznych MSWiA jednolitego systemu teleinformatycznego GISR – System Informatyczny Powiadamiania Ratunkowego. GISR pozwoli na zintegrowanie służb dyżurnych ustawowo powołanych do przyjęcia i obsługi wywołań alarmowych, zapewni m.in. szybką i kompleksową obsługę zgłoszeń na numer 112<sup>207</sup>. Projektowane nowoczesne rozwiązania teleinformatyczne wpłyną bezpośrednio na zwiększenie efektywności i skuteczności działania numeru alarmowego, co w rezultacie poprawi bezpieczeństwo obywateli i pozwoli obniżyć koszty funkcjonowania służb. System ten będzie stanowił główny element

---

202 Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym..., art. 24a.

203 Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne..., art. 40 ust. 3e.

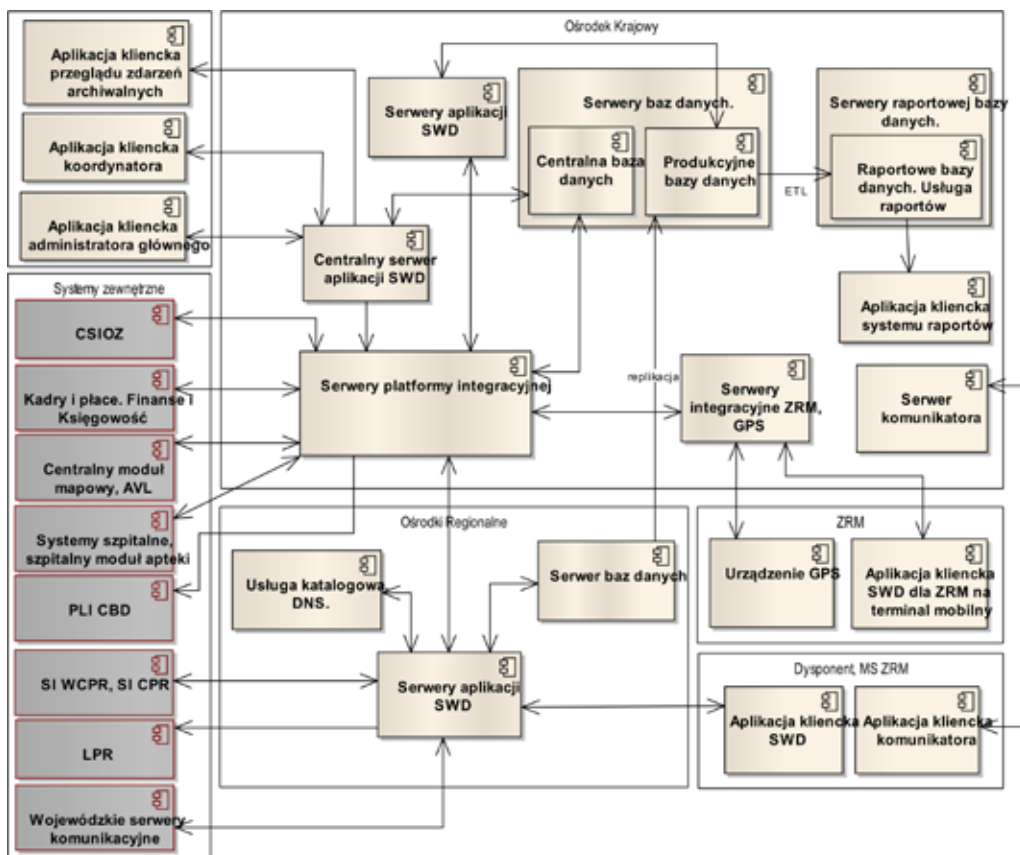
204 Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz.U. Nr 113, poz. 657 i Nr 174, poz. 1039, art. 7.

205 Tamże..., art. 25.

206 Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym..., art. 24b.

207 Opis przedmiotu zamówienia (OPZ) na budowę i wdrożenie ogólnokrajowego Systemu Wspomagania...

Rysunek 27. Architektura logiczna SWD PRM



Źródło: Architektura Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego (SWD PRM), Załącznik nr 3 do OPZ, Centrum Projektów Informatycznych MSWiA, Warszawa 2014, s. 8.

wyposażenia Państwowego Ratownictwa Medycznego funkcjonującego w ramach systemu powiadamiania ratunkowego (SPR)<sup>208</sup> oraz komórek organizacyjnych Policji.

W ramach projektu GISR budowana jest ogólnokrajowa platforma służąca do obsługi zgłoszeń alarmowych na potrzeby funkcjonowania Centrów Powiadamiania Ratunkowego (CPR) oraz Wojewódzkich Centrów Powiadamiania Ratunkowego (WCPR). Komunikacja (synchroniczna) pomiędzy WCPR a systemami dziedzicznymi służb (systemy klasy SWD) zrealizowana będzie w oparciu o technologię Web-Service i komunikację w formacie XML. Wdrożone rozwiązania ujedynolą proces zgłoszenia zdarzenia na numer 112. Informacja o zagrożeniu trafi bezpośrednio do operatora CPR/WCPR, operator niezwłocznie wprowadzi zgłoszenie do systemu i powiadomi właściwe służby o zaistniałym zdarzeniu.

<sup>208</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2009 r. w sprawie organizacji i funkcjonowania centrów powiadamiania ratunkowego i wojewódzkich centrów powiadamiania ratunkowego, Dz.U. z 2009 r. Nr 130, poz. 1073.

System optymalizuje proces zarządzania siłami i środkami ratowniczymi, zapewnia koordynację zdarzeń odbywających się na styku rejonów, obejmujących swoim zasięgiem więcej niż jeden rejon lub też wymagają zaangażowania jednostek z sąsiednich rejonów (zdarzenie mnogie lub masowe). Ponadto umożliwia bezgłosowe przekazywanie informacji o zdarzeniach bezpośrednio do zespołów wyjazdowych (ZRM) oraz prowadzenie korespondencji głosowej zespołów z dyspozytornią. Zapewnia komunikację mobilną pomiędzy stanowiskami dyspozytorskimi, terminalami mobilnymi oraz urządzeniami GPS zainstalowanymi w karetkach<sup>209</sup> (rysunek 27).

Wsparciem w zakresie obsługi zdarzeń jest wizualizacja danych na mapach cyfrowych udostępnionych z Centralnego Sytemu Mapowego GIS wykorzystującym mechanizmy Webservice. Oprogramowanie prezentuje na mapie numerycznej m.in. lokalizację pracujących zespołów, ich statusów, lokalizacje osób wywołujących numery alarmowe, obszary działań podmiotów ratunkowych.

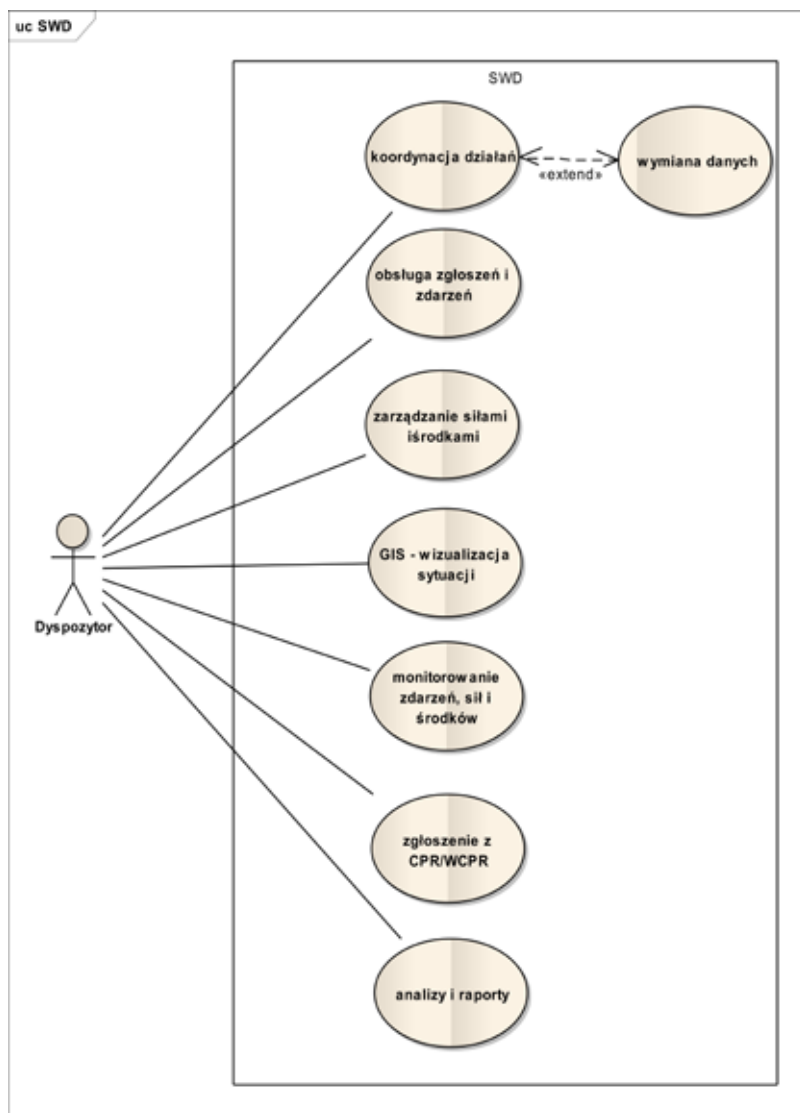
Szczególnie na poziomie dyspozytora w systemie wspomagania dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego występuje sporo funkcji GIS (rysunek 28). Moduł aplikacji dla potrzeb dyspozytorów ZRM zapewnia m.in.<sup>210</sup>:

- wizualizację na mapie wszystkich ZRM z możliwością konfiguracji, w szczególności: „pokazuj tylko własne ZRM dyspozytora”, „pokazuj własne ZRM dysponenta”, „pokazuj własne i obce ZRM znajdujące się w makroregionie” (obszar działania danego dysponenta), „pokazuj własne i sąsiednie ZRM”,
- prezentację na mapie cyfrowej lokalizacji dostępnych i biorących udział w akcji sił i środków, statusów, lokalizacji osoby wywołującej zgłoszenie
- współpracę z centralnym systemem mapowym (usługi Webservice) m.in. poprzez korzystanie z danych udostępnianych przez Centralny Moduł Mapowy/AVL (rysunek 28), w którym część klienta rozwiązania wykonano w technologii grubego klienta,
- automatyczne generowanie propozycji dyspozycji sił i środków dla obsługi określonej kategorii zdarzeń (mechanizmu optymalizacji wsparcia dysponowania sił i środków w oparciu o co najmniej następujące czynniki: odległość, kategoria urazu, czas dotarcia, jednostkowych kosztów transportu, wyposażenie techniczne i skład załogi,
- gromadzenie informacji o trasie przejazdu danego pojazdu, łącznie z prędkością, postojami, statusami i stanem czujników pojazdu,
- możliwość odtwarzania tras wybranych pojazdów, łącznie z prędkościami, postojami, statusami i stanem czujników pojazdu (dla wybranego pojazdu/kierowcy w zadanym czasie),
- definiowanie wyposażenia pojazdów i grup pojazdów i inne.

---

209 Zob. szerzej: *Opis przedmiotu zamówienia (OPZ) na budowę i wdrożenie ogólnokrajowego Systemu...*

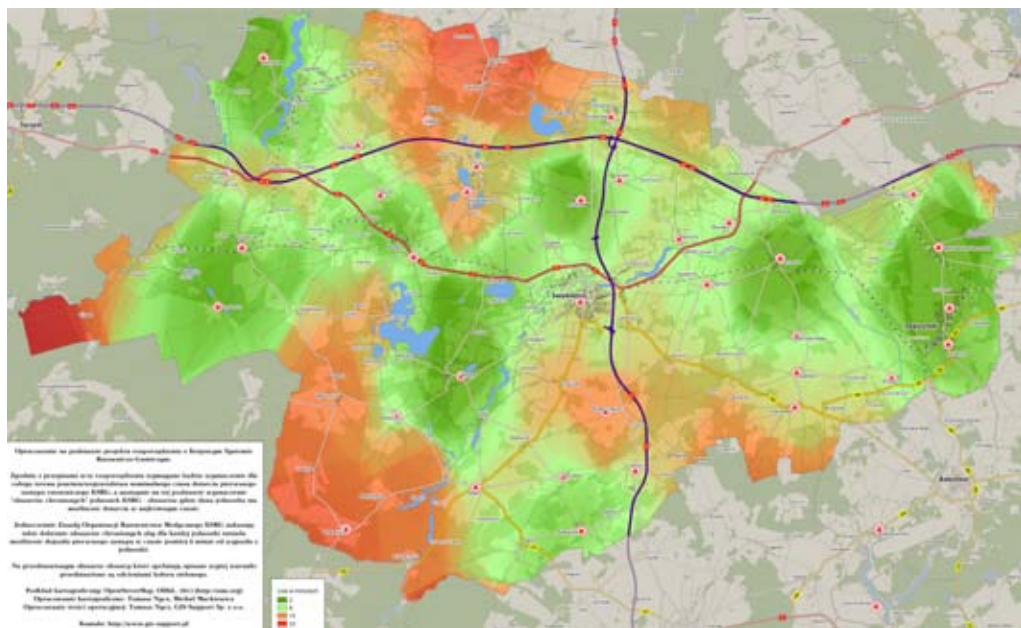
210 *Wyjaśnienia nr 4 treści SIWZ w postępowaniu nr 37-CPI-WA-2244/10, Centrum Projektów Informatycznych MSWiA, Warszawa 8.03.2011, s. 2.*

**Rysunek 28.** Funkcje GIS w roli dyspozytora w systemie wspomagania dowodzenia PRM

Źródło: Opis przedmiotu zamówienia (OPZ) na budowę i wdrożenie ogólnokrajowego Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego..., s. 9.

System zapewnia integrację urządzeń lokalizacyjnych GPS z usługą AVL (*Automatic Vehicle Location – Automatyczna Lokalizacja Pojazdu*) będącą częścią Centralnego Modułu Mapowego. Rozwiązanie to umożliwia m.in. automatyczną wizualizację na mapie własnej pozycji pojazdu i pozycji przyjętego zgłoszenia, oraz wyznaczenie trasy przejazdu z wykorzystaniem oprogramowania do nawigacji samochodowej. Przykład mapy nominalnego czasu dojazdu pierwszego zastępu Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego do zdarzeń prezentuje rysunek 29.

**Rysunek 29.** Przykład mapy nominalnego czasu dojazdu pierwszego zastępu Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego do zdarzeń (w powiecie świebodzińskim)



Źródło: GIS Support, <http://www.gis-support.pl/dedykowane-mapy-i-wizualizacje-kartograficzne/>, aktualność: maj 2014.

W module szpitalnym sił i środków możliwe jest automatyczne generowanie propozycji szpitala z wolnymi miejscami umożliwiającymi przyjęcie pacjenta o określonej kategorii urazu oraz wizualizacja na mapie danego szpitala wraz z wyznaczeniem trasy przejazdu.

Warto zauważyć, że także w **systemie informacji w ochronie zdrowia** już jest wykorzystywana technologia GIS. Na przykład, dane adresowe usługodawców oraz usługobiorców są systematycznie aktualizowane i weryfikowane w oparciu o referencyjne bazy danych krajowej infrastruktury informacji przestrzennej<sup>211</sup> takie, jak:

- państwowy rejestr granic i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju,
- państwowy rejestr nazw geograficznych,
- ewidencja miejscowości, ulic i adresów.

Geoportal infrastruktury informacji przestrzennej wykorzystuje się w ochronie zdrowia w celu lokalizacji przestrzennej obiektów usługodawców.

Podsumowując, analizowany system SWD PRM bazuje na technologii GIS, co pozwala m.in. skrócić czas oczekiwania poszkodowanych na pomoc, a co za tym idzie - zwiększa szansę powodzenia akcji ratowniczej.

<sup>211</sup> Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie informacji w ochronie zdrowia..., art. 4.



## 3.4. Informatyczny System Osłony Kraju

### 3.4.1. Narzędzia zarządzania ryzykiem powodziowym

Technologia GIS jest stosowana także w analizach hydrograficznych do modelowania i prognozowania przebiegu zjawisk środowiskowych. Szybko się rozwijają metody modelowania matematycznego w hydrologii, oceanografii i geofizyce. Są projektowane i budowane automatyczne systemy prognozujące powódzie oraz przewidujące zmiany poziomu oceanu.

W ramach projektu „Informatyczny system osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami” przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej (KZGW) od 2013 roku jest opracowywany Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK)<sup>212</sup>. Będzie to platforma informatyczna, narzędzie do wspomagania zarządzania kryzysowego.

Zapewnienie efektywnego systemu osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami jest szczególnie istotne z uwagi na rosnącą liczbę tego typu zdarzeń oraz coraz większą skalę skutków zarówno ekonomicznych, jak i społecznych, które one wywołują. Każdego roku z rezerwy celowej budżetu państwa na usuwanie skutków klęsk żywiołowych wydatkowane są wielomilionowe kwoty. Na przykład, powódź w 1997 r. spowodowała straty materialne szacowane na 12 mld zł oraz pociągnęła za sobą 55 ofiar śmiertelnych, natomiast powódź z roku 2010 spowodowała straty rzędu 14 mld zł.<sup>213</sup>

Kolejną przesłanką zintensyfikowania działań zwiększających bezpieczeństwo kraju w kontekście zjawiska powodziowego, stała się Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dn. 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim<sup>214</sup>, potocznie zwana „dyrektywą powodziową”, która weszła w życie 26 listopada 2007 r. Nakłada ona na państwa członkowskie obowiązek przygotowania dokumentów planistycznych w zakresie zarządzania ryzykiem powodziowym oraz zapewnienia społeczeństwu dostępu do ich wyników.

ISOK ma się przyczynić do rozwiązania bądź zminimalizowania szeregu problemów związanych z zagadnieniem zarządzania kryzysowego w Polsce, ze szczególnym ukierunkowaniem na zagrożenia powodziowe. Zakres projektowanego systemu będzie obejmował w pierwszej kolejności zagrożenia związane z nadzwyczajnymi zjawiskami atmosferycznymi, hydrologicznymi i technologicznymi.

Celem ISOK jest poprawa skuteczności zarządzania ryzykiem powodziowym. Przy czym **ryzyko powodziowe** oznacza kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i związanych z powodzią potencjalnych negatywnych konsekwencji dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej<sup>215</sup>. Państwa członkowskie dokonują wstępnej oceny ryzyka powodziowego (do 22.12.2011 r.) w odnie-

212 ISOK, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, <http://www.isok.gov.pl/pl/>, dostęp: 1.11.2014.

213 ISOK..., <http://www.isok.gov.pl/pl/tlo-projektu>, dostęp: 1.11.2014.

214 Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, Dz.U. UE L 288/27 z 6.11.2007.

215 Tamże..., art. 2.

sieniu do każdego obszaru dorzecza lub fragmentu międzynarodowego dorzecza, które są położone na ich terytorium. Dla tych obszarów państwa członkowskie przygotowują (do 22.12.2013 r.) w najbardziej odpowiedniej skali:

- mapy zagrożenia powodziowego,
- mapy ryzyka powodziowego.

**Mapy zagrożenia powodziowego** obejmują obszary geograficzne, na których może wystąpić powódź zgodnie z jednym z następujących scenariuszy<sup>216</sup>:

- niskie prawdopodobieństwo powodzi lub scenariusze zdarzeń ekstremalnych,
- średnie prawdopodobieństwo powodzi (częstotliwość występowania  $\geq 100$  lat),
- wysokie prawdopodobieństwo powodzi.

Dla każdego ze scenariuszy przedstawia się następujące elementy<sup>217</sup>:

- zasięg powodzi,
- głębokości wody lub poziomy zwierciadła wody,
- tam gdzie jest to właściwe – prędkość przepływu wody lub odnośny przepływ wody.

**Mapy ryzyka powodziowego** przedstawiają potencjalnie negatywne skutki związane z powodzią, która wystąpiła zgodnie z jednym ze scenariuszy, wyrażone w następujący sposób<sup>218</sup>:

- szacunkowa liczba mieszkańców potencjalnie dotkniętych powodzią,
- rodzaj działalności gospodarczej prowadzonej na obszarze potencjalnie dotkniętym powodzią,
- instalacje, które mogłyby spowodować przypadkowe zanieczyszczenie w przypadku powodzi oraz potencjalnie dotknięte powodzią obszary chronione,
- inne informacje uważane przez państwo członkowskie za przydatne, takie jak wskazanie obszarów, na których mogą wystąpić powodzie, którym towarzyszy transport dużej ilości osadów i rumowiska, oraz informacje o innych istotnych źródłach zanieczyszczenia.

Na podstawie map zagrożenia powodziowego i ryzyka powodziowego państwa członkowskie opracowują **plany zarządzania ryzykiem powodziowym**, skoordynowane na poziomie obszaru dorzecza lub jednostki zarządzającej. Oprócz wymienionych map plany te obejmują środki służące osiągnięciu celów zarządzania ryzykiem powodziowym. Plany zarządzania ryzykiem powodziowym uwzględniają koszty i korzyści, zasięg powodzi i trasy przejścia fali powodziowej oraz obszary o potencjalnej retencji wód powodziowych, takie jak naturalne obszary retencyjne, cele środowiskowe, gospodarowanie gruntami i wodą, planowanie przestrzenne, zagospodarowanie terenu, ochronę przyrody, nawigację i infrastrukturę portową<sup>219</sup>.

<sup>216</sup>Tamże..., art. 6.

<sup>217</sup>Tamże...

<sup>218</sup>Tamże...

<sup>219</sup>Tamże...

### 3.4.2. Realizacja systemu ISOK<sup>220</sup>

W ramach projektu ISOK zostały opracowane mapy zagrożenia powodziowego przedstawiające obszary zagrożone powodzią o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia:

- obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest niskie i wynosi 0,2%, (czyli raz na 500 lat),
- obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi 1%, (czyli raz na 100 lat),
- obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest wysokie i wynosi 10%, (czyli raz na 10 lat).

Obszary zagrożone powodzią o prawdopodobieństwie 1% i 10% stanowią obszary szczególnego zagrożenia powodzią, dla których obowiązują zakazy zabudowy. Na mapach zagrożenia powodziowego przedstawiono obszary obejmujące tereny narażone na zalanie w przypadku zniszczenia lub uszkodzenia wału przeciwpowodziowego lub budowli ochronnych pasa technicznego. Przy wyznaczaniu tych obszarów uwzględniono w obliczeniach przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%.

Wersje kartograficzne map ryzyka powodziowego zostały przygotowane w dwóch zestawach tematycznych:

- negatywne konsekwencje dla ludności oraz wartości potencjalnych strat powodziowych,
- negatywne konsekwencje dla środowiska, dziedzictwa kulturowego i działalności gospodarczej.

Wyliczając wartość strat na danym obszarze zagrożenia powodziowego, uwzględniono stopień utraty wartości majątku w zależności od głębokości zalania w przypadku 3 klas użytkowania terenu: tereny zabudowy mieszkaniowej, tereny przemysłowe i tereny komunikacyjne. Dla pozostałych klas użytkowania terenu, przyjęto stałe wartości strat niezależnie od głębokości wody, ze względu na niewielki wpływ głębokości wody na stopień utraty wartości majątku.

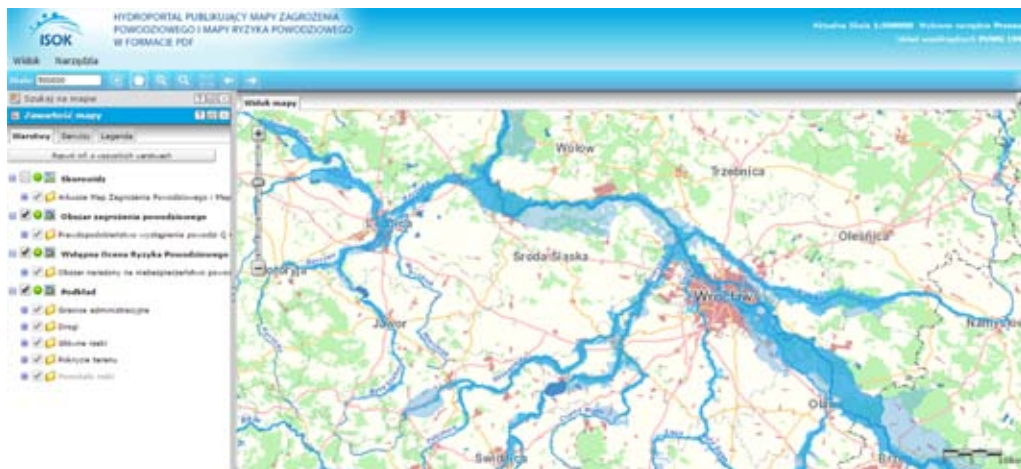
Dla określenia szacunkowej liczby mieszkańców, na mapach ryzyka powodziowego przedstawiono liczbę osób zameldowanych na terenie miejscowości znajdujących się na obszarze zagrożenia powodziowego. Liczbę osób zameldowanych na obszarze zagrożenia powodziowego obliczano na podstawie agregacji danych adresowych z bazy PESEL z punktami adresowymi z przestrzennej bazy danych obiektów topograficznych (BDOT).

Mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego opracowano w szczególności w skali 1:10.000 w PUWG 1992. Mapy sporządzane są w formie cyfrowej, obejmującej jednolitą bazę danych przestrzennych oraz w postaci wizualizacji kartograficznej w podziale arkuszowym map topograficznych w skali 1:10.000. Wersja kartograficzna obejmuje następujące formaty plików: \*.tiff, \*.geotiff oraz \*.pdf. Mapy zostały opublikowane na Hydroportalu KZGW<sup>221</sup> (rysunek 30).

<sup>220</sup>Na podstawie informacji na stronie: ISOK..., <http://www.isok.gov.pl/pl/>, dostęp: 1.11.2014.

<sup>221</sup>Hydroportal publikujący mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego w formacie pdf, <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>

Rysunek 30. Widok okna Hydroportalu publikującego mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka



Źródło: ISOK, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>, data pobrania: 28.11.2014.

Jako dane podkładowe w widoku Hydroportalu wykorzystano dane z bazy Corine Land Cover. Docelowo mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego będą udostępnione w środowisku systemu ISOK z zastosowaniem usług danych przestrzennych, udostępniających mapy (Map Services) oraz zbiory danych (Data Services). Planowany termin oddania systemu do eksploatacji to 31 grudnia 2014 r.

Stworzony na potrzeby ISOK NMT obejmuje 92% powierzchni kraju. Rozdzielczość przestrzenna modelu wynosi nawet do 12 punktów na metr kwadratowy.

Do najważniejszych korzyści społecznych, które zostaną osiągnięte dzięki systemowi ISOK, należą:

- ograniczenie strat spowodowanych występowaniem zagrożeń powodziowych, poprzez pokazanie społeczeństwu obszarów zagrożonych,
- umożliwienie właściwego planowania przestrzennego szczególnie w kontekście zagrożeń powodziowych występujących w dolinach rzek, także tych, które powstaną w wyniku awarii urządzeń wodnych, szczególnie obwałowań rzek
- umożliwienie świadomego podejmowania decyzji inwestycyjnych odnośnie ich lokalizacji w obszarach narażonych na niebezpieczeństwo powodzi,
- zwiększenie poczucia bezpieczeństwa społeczeństwa,
- ograniczenie ofiar w ludności w związku z występowaniem żywiołów, w szczególności powodzi,
- usprawnienie funkcjonowania systemów zarządzania kryzysowego na wszystkich szczeblach.

Korzyści te zostaną osiągnięte dzięki:

- budowie systemu informatycznego ISOK, za pomocą którego udostępniane będą inne produkty wytworzone w projekcie, takie jak mapy zagrożenia powodziowego,

mapy ryzyka powodziowego, mapy zagrożeń meteorologicznych (jak np. burz, intensywnych opadów i innych) i mapy innych zagrożeń (np. mapy zagrożonych ujęć wody, ryzyka awarii przemysłowych itp.), mapa hydrograficzna Polski (MPHP),

- pozyskaniu numerycznego modelu rzeźby terenu i numerycznego modelu pokrycia terenu oraz ortofotomapy cyfrowej, pozyskaniu cyfrowej mapy topograficznej (BDOT),
- wykonaniu nowych obliczeń hydrologicznych dla wszystkich rzek objętych projektem, wg jednolitej metodyki i dla jednolitego okresu historycznego,
- wykonaniu modelowania matematyczno-hydraulicznego transformacji wezbrań powodziowych oraz awarii obwałowań, dla wszystkich rzek objętych projektem,
- wytworzeniu wstępnej oceny ryzyka powodziowego oraz wykonaniu map zagrożenia i map ryzyka powodziowego, a także map zagrożeń meteorologicznych i map innych zagrożeń,
- inwentaryzacji dostępnych zasobów informatycznych i zasobów łączności pomiędzy instytucjami współpracującymi w zakresie zarządzania kryzysowego.

Na etapie realizacji projektu pojawił się problem z ogromną ilością danych w skali całego kraju.

## 3.5. Bezpieczeństwo militarne

### 3.5.1. Kierunki badań nad zastosowaniem technologii GIS w obronności

Najnowsze kierunki badań na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa wskazują na istotne możliwości wykorzystania technologii GIS do zapewnienia bezpieczeństwa publicznego. Na przykład, na liście tematów projektów konkursu nr 6/2014 Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa znalazły się<sup>222</sup>:

- „Innowacyjny hełm strażacki zintegrowany z obserwacyjnym systemem termowizyjnym i systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka-ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urzędzeń zewnętrznych”,
- „Opracowanie środowiska do wdrożenia koncepcji *Smart Borders*”,
- „System gromadzenia i generowania informacji na potrzeby analizy kryminalnej i koordynacji działań w Straży Granicznej”,

---

<sup>222</sup>Regulamin konkursu nr 6/2014 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, załącznik nr 1, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, [http://www.ncbir.pl/gfx/ncbir/userfiles/\\_public/obronnosc/6\\_2014/regulamin\\_konkursu\\_nr\\_6\\_03\\_07\\_14.pdf](http://www.ncbir.pl/gfx/ncbir/userfiles/_public/obronnosc/6_2014/regulamin_konkursu_nr_6_03_07_14.pdf), dostęp: 5.07.2014.

- „System szybkiej transmisji danych multimedialnych dla potrzeb ochrony morskiej granicy państwowej”;
- „Strumieniowa transmisja danych czasu rzeczywistego w rozproszonych systemach dyspozytorskich i teleinformatycznych Straży Granicznej”;
- „System wsparcia planowania proaktywnego i reaktywnego działań Policji”;
- „Opracowanie systemowych rozwiązań wspomagających zabezpieczenie miejsca zdarzenia i proces wykrywczy na podstawie materiału dowodowego utraconego za pomocą technik skaningu laserowego oraz satelitarnych technik pomiarowych”.

Na uczelniach wojskowych są prowadzone badania nad integracją informacyjną systemów wspomaganie zarządzania i dowodzenia w Siłach Zbrojnych RP w obszarze danych geoprzestrzennych<sup>223</sup>, przestrzenną waloryzacją zagrożeń bezpieczeństwa Polski na potrzeby systemu bezpieczeństwa i obronności<sup>224</sup>, zastosowaniem technologii GIS w działalności operacyjnej<sup>225</sup> i inne. Jest opracowywany Geoinformacyjny System Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej<sup>226</sup>.

### 3.5.2. Obszary zastosowań technologii GIS w resorcie obrony narodowej

Elementy technologii GIS zostaną wykorzystane we wdrażanym Zintegrowanym Wieloszczeblowym Systemie Informatycznym Resortu Obrony Narodowej. Wykorzystanie technologii GIS mieści się także w realizacji zadań Strategii Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022<sup>227</sup>. Zgodnie z działaniem strategicznym „Zwiększenie nasycenia nowoczesnym uzbrojeniem i sprzętem wojskowym, w tym przez udział w programach międzynarodowych” służącym realizacji celu 2 „Umocnienie zdolności państwa do obrony” proces modernizacji technicznej w latach 2013–2022 ukierunkowany został na podwyższenie stopnia unowocześnienia uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Kontynuowany jest wieloletni proces wymiany przestarzałego uzbrojenia i sprzętu wojskowego oraz modernizacji perspektywicznej techniki bojowej<sup>228</sup>. Elementy technologii GIS występują we wszystkich programach operacyjnych w tym działaniu, a w szczególności w<sup>229</sup>:

223 Pokorski G., *Integracja informacyjna systemów wspomaganie zarządzania i dowodzenia w Siłach Zbrojnych RP w obszarze danych geoprzestrzennych*, rozprawa doktorska pod kier. nauk. P. Zaskórskiego, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2011.

224 Skrzyp J., Lach Z., Łaszczuk A., *Przestrzenna waloryzacja zagrożeń bezpieczeństwa Polski na potrzeby systemu bezpieczeństwa i obronności*, cz. 2, „Waloryzacja przestrzeni Polski w aspekcie zagrożeń bezpieczeństwa”, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2012.

225 Lach Z., *Systemy informacji geoprzestrzennej - zastosowanie w działalności operacyjnej*, „Biuletyn Akademii Obrony Narodowej” nr 1/2012.

226 Lach Z., *Geoinformacyjny System Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, „Zeszyty Naukowe”, Akademia Obrony Narodowej, nr 2/2011, s. 269-287.

227 *Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022...*

228 Por. Uchwała nr 164 Rady Ministrów z dnia 17 września 2013 r. w sprawie ustanowienia programu wieloletniego „Priorytetowe Zadania Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej w ramach programów operacyjnych”, Dz.U. z 4.10.2013 r., Poz. 796, s. 6.

229 Por. tamże..., s. 7-11.

- 1/ Rozpoznanie patrolowe – pozyskanie nowego uzbrojenia i systemów oraz ich integracja umożliwi kompleksowe i skoordynowane podejście do budowy zdolności pododdziałów rozpoznawczych w zakresie prowadzenia rozpoznania w bezpośredniej styczności w ugrupowaniu przeciwnika. W ramach programu będą pozyskiwane m.in.:
  - lekkie opancerzone transportery rozpoznawcze,
  - pojazdy rozpoznawcze dla pododdziałów dalekiego rozpoznania,
  - mobilne bezałogowe pojazdy rozpoznawcze,
  - informatyczny system zbierania, analizy i dystrybucji informacji od wszystkich elementów ISTAR (rozpoznania patrolowego, dalekiego, elektronicznego, obrazowego i osobowego),
  - zautomatyzowany system zbierania, gromadzenia, przetwarzania i dystrybucji wiadomości rozpoznawczych otrzymywanych od elementów dalekiego rozpoznania.
- 2/ Indywidualne wyposażenie i uzbrojenie żołnierza – TYTAN – opracowanie nowoczesnego indywidualnego wyposażenia i uzbrojenia żołnierza – TYTAN pozwoli na stworzenie „żołnierza przyszłości”. Zapewni optymalną integrację nowoczesnych elementów uzbrojenia i wyposażenia żołnierza, połączoną z profesjonalnym przygotowaniem i zarządzaniem działaniami bojowymi.
- 3/ Zintegrowane systemy wsparcia dowodzenia oraz zobrazowania pola walki – C4ISR – na osiągnięcie zdolności operacyjnej w zakresie zintegrowanych systemów wsparcia dowodzenia oraz zobrazowania pola walki – C4ISR. Celem programu jest osiągnięcie zdolności operacyjnej do skutecznego dowodzenia i kierowania Siłami Zbrojnymi RP w całym spektrum realizowanych misji. Przedmiotowy program integruje wszystkie narodowe zautomatyzowane systemy dowodzenia i kierowania środkami walki oraz informatyczne systemy funkcjonalne (kadrowe, logistyczne, rozpoznania, zarządzania zasobami obronnymi, kierowania reagowaniem kryzysowym, finansowe itd.). Zdolność ta ma zabezpieczyć potrzeby w zakresie dowodzenia w operacjach sojuszniczych i narodowych w czasie pokoju, kryzysu i wojny. W ramach programu będą pozyskiwane m.in.:
  - Zintegrowane Systemy Dowodzenia i Kierowania Środkami Walki, integrujące systemy rozpoznania, rażenia ogniowego i logistyki,
  - Mobilne Moduły Stanowisk Dowodzenia,
  - aparatownie transmisyjne i teleinformatyczne,
  - wozy dowodzenia i wozy dowódczo-bojowe oraz system monitorowania położenia wojsk własnych (BMS/BFT) w pododdziałach wyposażonych w KTO ROSOMAK,
  - taktyczne systemy transmisji danych – standard LINK 16 i LINK 22,
  - radiostacje programowalne (SDR) o wysokiej przepływności,
  - osiągnięcie zdolności do identyfikacji bojowej swój–obcy w standardzie Mark XIIA (mod 5) na wybranych platformach powietrznych, morskich i lądowych.
- 4/ Rozpoznanie obrazowe i satelitarne – na osiągnięcie zdolności operacyjnej w zakresie rozpoznania obrazowego z bezałogowych systemów powietrznych. Istotą programu operacyjnego w odniesieniu do szczebla taktycznego jest zwiększenie zdolności

systemu rozpoznania w zakresie dozorowania obszarów zainteresowania, wykrywania, identyfikowania, precyzyjnego lokalizowania i śledzenia celów oraz oceny skutków uderzeń, a także monitorowania obszarów morskich i strefy tylnej własnego ugrupowania. Wdrożenie programu na tym szczeblu umożliwi m.in. efektywne wykorzystanie nowoczesnych systemów artyleryjskich pozyskiwanych dla Wojsk Lądowych. W odniesieniu do szczebla operacyjnego realizacja Programu ma zwiększyć zdolności rozpoznania na rzecz działań głębokich z możliwością natychmiastowych precyzyjnych uderzeń. W ramach programu będą pozyskiwane m.in.:

- BSP mini oraz BSP mini pionowego startu,
- BSP krótkiego zasięgu oraz BSP pionowego startu krótkiego zasięgu,
- BSP średniego zasięgu,
- BSP klasy operacyjnej (MALE),

Zostanie utworzony i wyposażony Ośrodek Rozpoznania Obrazowego, który odpowiadać będzie za zarządzanie całym podsystemem rozpoznania obrazowego, zapewniając zdolność do przetwarzania i analizy danych obrazowych oraz prowadzenia kompleksowych ocen środowiska bezpieczeństwa, przy wykorzystaniu danych obrazowych pozyskiwanych z różnych systemów rozpoznawczych.

Zgodnie z Planem modernizacji technicznej sił zbrojnych w latach 2013-2022, Ministerstwo Obrony Narodowej realizuje program uzbrojenia związany z wykorzystaniem technologii GIS „Bezzałogowe systemy rozpoznawcze i rozpoznawczouderzeniowe”. Program zakłada pozyskanie dla wszystkich rodzajów Sił Zbrojnych bezzałogowych systemów powietrznych różnych klas w celu osiągnięcia zdolności do prowadzenia rozpoznania obrazowego na szczeblu taktycznym oraz operacyjnym. Realizacja programu nastąpi po 2014 roku. Aktualnie prowadzona jest faza analityczno-koncepcyjna w zakresie BSP mini, krótkiego zasięgu, średniego zasięgu oraz MALE<sup>230</sup>.

Utworzony 4.07.2013 roku Polski Holding Obronny (PHO) to grupa 16 spółek obejmująca Polski Holding Obronny Sp. z o.o. (poprzednio do dnia 4 lipca 2013 r. Bumar Sp. z o.o.) oraz spółki zależne<sup>231</sup>. Jedną z tych spółek, BUMAR Elektronika SA realizuje następujące projekty badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe (B+R+W) wykorzystujące technologię GIS (stan na dzień 31.12.2013 r.)<sup>232</sup>:

- system zarządzania polem walki dla wojsk lądowych BMS,
- prototyp radaru wielofunkcyjnego w pasmie C dla przeciwlotniczych zestawów raketowych klasy SHORAD/SR SAMS.

Czołowy producent oprogramowania komercyjnego GIS firma Esri od wielu lat dostosowuje funkcjonalności swojego programu do potrzeb wojska<sup>233</sup>.

<sup>230</sup> Plan modernizacji technicznej sił zbrojnych w latach 2013-2022, MON, [http://www.polska-zbrojna.pl/AppData/TinyMceFiles/program\\_modernizacji\\_technicznej\\_szrp.pdf](http://www.polska-zbrojna.pl/AppData/TinyMceFiles/program_modernizacji_technicznej_szrp.pdf), dostęp: 29.11.2014.

<sup>231</sup> Wsparcie przez Ministra Skarbu Państwa projektów badawczych, rozwojowych i wdrożeniowych dotyczących uzbrojenia i sprzętu wojskowego, realizowanych w spółkach Polskiego Holdingu Obronnego. Informacja o wynikach kontroli, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 24.09.2014, s. 4.

<sup>232</sup> Tamże..., s. 45.

<sup>233</sup> Zob. szerzej: ArcGIS for the Military, Esri, <http://solutions.arcgis.com/military/>, dostęp: 12.11.2014.



### 3.5.3. Standard opracowań kartograficznych NATO i zobrazowania satelitarne

Realizacja zadań z zakresu obronności, bezpieczeństwa zewnętrznego i wewnętrznego wiąże się z wykorzystaniem zaawansowanych technologii informacyjnych. Technologia GIS ma ogromne możliwości zastosowania w obronności i zapewnieniu bezpieczeństwa militarnego. Kluczowym zagadnieniem w tym obszarze są maksymalnie dokładne i szczegółowe mapy, na których można wykonywać różne analizy i modelowania.

Na przykład, jak podano w rozdziale 1, elementem KSIG jest **VMap Level 2**. Jest to mapa wektorowa poziomu 2 w skali 1:50.000 – standardowy produkt geograficzny NATO. Wytwarzana jest w ramach inicjatyw narodowych przez wojskowe służby geograficzne. Treść tego produktu jest określona schematem pojęciowym obejmującym 110 klas obiektów zgrupowanych w dziewięciu użytkowych warstwach tematycznych. Kompletność informacyjna uwarunkowana jest dostępnością wiarygodnych materiałów źródłowych osiągalnych na etapie wprowadzania danych. Została opracowana na podstawie porozumienia w sprawie wspólnej, wzajemnej wymiany informacji i materiałów geograficznych oraz świadczenia usług zawartego pomiędzy Głównym Geodetą Kraju, a Szefem Służby Geograficznej Wojska Polskiego<sup>234</sup>.

Zobrazowania satelitarne (potocznie zwane „zdjęciami satelitarnymi”) są coraz bardziej popularne. Dostępne przez lata niemal wyłącznie dla wojska czy środowisk naukowców, dzisiaj są osiągalne praktycznie dla każdego. **SRTM** (*Shuttle Radar Topography Mission*) oznacza obecnie zarówno międzynarodową misję przeprowadzoną przez agencje kosmiczne Stanów Zjednoczonych (NASA), Niemiec (DLR) oraz Włoch (ASI), której celem było zebranie z pokładu promu kosmicznego Endeavour danych do opracowania numerycznych modeli terenu lądów znajdujących się pomiędzy 56° szerokości geograficznej południowej a 60° równoleżnikiem szerokości geograficznej północnej, jak i produkt tej misji - udostępniony do powszechnego użytku numeryczny model terenu. Misja SRTM była pierwszym przypadkiem wykorzystania metody interferometrii radarowej, jedno-przebiegowej w celu pozyskania NMT z orbity okołoziemskiej. W jej wyniku opracowano szczegółowy i jednorodny pod względem dokładności NMT dla około 80% powierzchni kuli ziemskiej<sup>235</sup>.

### 3.5.4. Rozpoznanie obrazowe i wywiad geoprzestrzenny

Spośród źródeł pozyskiwania danych w bezpieczeństwie i obronności szybko się rozwija m.in. **rozpoznanie obrazowe** IMINT (*Imagery Intelligence*). Powstają nowe metody i techniki pozyskiwania i przetwarzania zobrazowań, w tym satelitarnych. Z najnowszych badań pozamilitarnych w tym obszarze warto zauważyć, że w 2014 roku naukowcy z Uniwersytetu Stanforda i Google opracowali dwa programy sztucznej inteligencji do

234 Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/krajowy-system-informacji-prze-strzennej.html>, dostęp: 25.11.2014.

235 Bamler R., *A SRTM Mission: A World-Wide 30m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 days*, „Photogrammetry Week”, 1999, s. 145-154.

tekstowego opisywania obrazów. Pomimo wielu ograniczeń, oprogramowanie rozpoznaje obiekty na zdjęciu i ich wzajemne relacje i na tej podstawie generuje słowne opisy<sup>236</sup>. Technologia Google uzyskała porównywalne wyniki, przy czym posiada zdolność do uczenia się z każdą nową interakcją<sup>237</sup>.

NATO natomiast od 2012 roku wprowadza w życie zaawansowany system AGS (*Alliance Ground Surveillance*), którego celem jest podniesienie skuteczności współpracy wywiadu, nadzoru i rozpoznania<sup>238</sup>. System zapewnia monitorowanie sytuacji w rejonach potencjalnych konfliktów zbrojnych i przesyłanie informacji do naziemnych stanowisk dowodzenia i kierowania różnych szczebli dowodzenia w czasie rzeczywistym.

Rozpoznanie obrazowe jest ściśle powiązane z **wywiadem geoprzestrzennym** GEOINT (*Geospatial Intelligence*). Jest to wykorzystanie i analiza obrazów i informacji geoprzestrzennej do opisu, oceny i wizualizacji cech fizycznych, a także zlokalizowanych działalności na Ziemi<sup>239</sup>.

W Stanach Zjednoczonych wywiadem geoprzestrzennym zajmuje się Narodowa Agencja Wywiadu Satelitarnego NGA (*National Geospatial – Intelligence Agency*) z siedzibą w Springfield w stanie Virginia. Agencja zbiera i analizuje dane geoprzestrzenne. Misją NGA jest terminowe dostarczanie i dokładnych danych z wywiadu geoprzestrzennego istotnych dla bezpieczeństwa narodowego USA<sup>240</sup>. Obszary działalności NGA<sup>241</sup>:

- lotnictwo,
- nautyka,
- topografia i ląd,
- precyzyjne pozycjonowanie,
- nazwy geograficzne,
- analizy GEOINT.

Zgodnie z planem rozwoju technologicznego NGA do 2020 roku<sup>242</sup>, agencja w przyszłości będzie się zajmowała nie tylko wywiadem geoprzestrzennym, ale będzie stanowiła platformę integrującą informację od innych agencji wywiadowczych. NGA dąży do centralizacji danych i narzędzi analitycznych. Jednym z kierunków jej badań jest możliwość

236 Karpathy A., Fei-Fei Li, *Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions*, Department of Computer Science, Stanford University, <http://cs.stanford.edu/people/karpathy/deepimagesent/devisagen.pdf>, dostęp: 26.11.2014.

237 Vinyals O., Toshev A., Bengio S., Erhan D., *Show and Tell: A Neural Image Caption Generator*, <http://arxiv.org/pdf/1411.4555v1.pdf>, opublikowano: 17.11.2014.

238 Zob. szerzej m.in.: *Deklaracja szczytu NATO o zdolnościach obronnych*, Chicago 20.05.2012 r.

239 *Priorities for GEOINT research at the National Geospatial-Intelligence Agency*, Committee on Basic and Applied Research Priorities in Geospatial Science for the National Geospatial-Intelligence Agency, Mapping Science Committee Board on Earth Sciences and Resources Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies, the National Academies Press, Washington 2014, s. 1.

240 National Geospatial-Intelligence Agency, <https://www1.nga.mil/>, dostęp: 12.11.2014.

241 Tamże...

242 *Analysis technology plan 2020*, National Geospatial-Intelligence Agency, [http://trajectorymagazine.com/images/NGA\\_Analysis\\_Tech\\_Plan.pdf](http://trajectorymagazine.com/images/NGA_Analysis_Tech_Plan.pdf), data publikacji: 08.2014.

formułowania semantycznych zapytań do bazy danych przestrzennych (w językach naturalnych - stosowanych przez ludzi do komunikacji interpersonalnej). W zintegrowanym środowisku analitycznym dąży się do interakcji między analitykiem a maszyną opartych na gestach, poleceniach głosowych, technologii dotykowej. Agencja pracuje także nad zautomatyzowanymi algorytmami identyfikacji, wektoryzacji, rozpoznania i atrybutowania obiektów, aktywności oraz relacji między nimi. To rozwiązanie ma umożliwić m.in. automatyczne generowanie raportów ze strukturyzowanych danych w czasie zbliżonym do rzeczywistego<sup>243</sup>.

Na Wojskowej Akademii Technicznej jest specjalność "Rozpoznanie obrazowe".

### 3.5.5. Przykład zastosowania technologii GIS w rozminowywaniu

Duńska jednostka ds. rozminowywania *Danish Demining Group* realizuje swoje zadania w Afganistanie od 1999 roku. Od początku operacji w Afganistanie, jednostka ta usunęła ponad 24 tysiące min lądowych oraz ponad 940 tysięcy niewybuchów – UXO (*unexploded ordnance*)<sup>244</sup>. Obecnie pracuje w północnych prowincjach Balch i Samangan i centralnych prowincjach Kabul, Parwan i Pandższir.

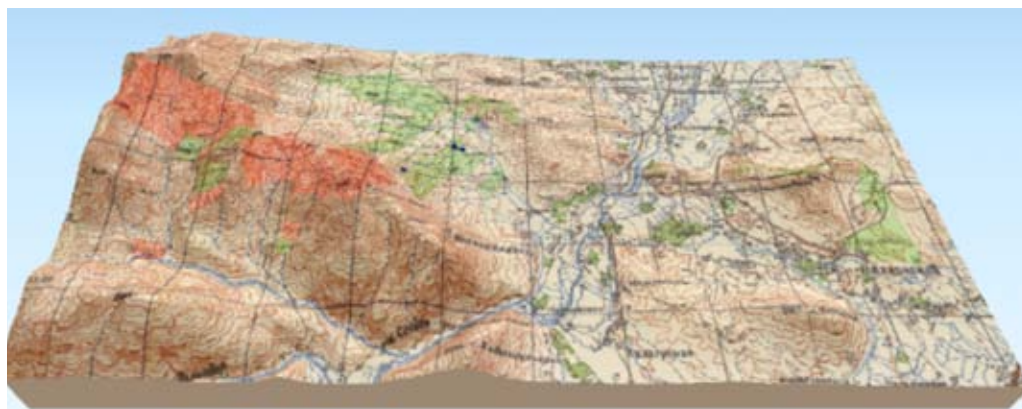
W Afganistanie operacje rozminowania są koordynowane przez MACCA – *Mine Action Coordination Centre for Afghanistan*, które gromadzi, aktualizuje i udostępnia informacje geoprzestrzenne o zidentyfikowanych zagrożeniach (pola minowe, pola byłych walk, miejsca prawdopodobnej lokalizacji UXO). MACCA regularnie publikuje pliki \*.shp (*shape*) obszarów w postaci poligonów geometrycznych, na których wciąż występuje zagrożenie. Te lokalizacje stanowią podstawę planowania dalszych działań operacyjnych przez jednostki rozminowania. Wspomniana *Danish Demining Group* wykorzystuje obecnie do analiz przestrzennych QGIS.

Podczas prac w terenie za pomocą mobilnych urządzeń GPS Garmin są rejestrowane współrzędne lokalizacji UXO i nanoszone na mapę. Jak wynika z doświadczenia tej jednostki, wykorzystanie danych przestrzennych jest najbardziej przydatne w fazie planowania i analiz. Źródła danych do analiz przestrzennych to przede wszystkim: zdjęcia satelitarne, zdjęcia lotnicze, skany radzieckich map topograficznych, mapy zagrożeń, NMT. Te dane pozwalają ocenić lokalizacje poszczególnych pól minowych pod kątem działań operacyjnych – przed wysłaniem zespołu w teren. Szczególnie przydatna jest możliwość wizualizacji terenu w 3D.

Rysunek 31 pokazuje przykładowy fragment modelu NMT obszaru na południe od Pałacu Darulaman w Kabulu z aktualnymi polami minowymi zaznaczonymi kolorem czerwonym oraz obszarami rozminowanymi zaznaczonymi kolorem zielonym. Model wykonano na podkładzie rastrowym radzieckiej mapy topograficznej oraz danych SRTM za pomocą wtyczki do wizualizacji 3D „Qgis2threejs”.

<sup>243</sup>Tamże..., s. 2-8.

<sup>244</sup>Danish Demining Group, <http://www.danishdemininggroup.dk/about-danish-demining-group/where-we-work/afghanistan/>, dostęp: 25.11.2014.

**Rysunek 31.** Fragment NMT opracowanego w QGIS, Afganistan

Źródło: *Danish Demining Group using QGIS in Afghanistan*, [http://qgis.org/en/site/about/case\\_studies/afghanistan.html](http://qgis.org/en/site/about/case_studies/afghanistan.html), dostęp: 27.11.2014.

### 3.6. Prace geodezyjne i kartograficzne na terenach zamkniętych

Wspomniane w rozdziale pierwszym wspólne korzystanie ze zbiorów i usług danych przestrzennych oraz udostępnianie zbiorów i usług danych przestrzennych na zasadach powszechnego i nieodpłatnego dostępu podlega wyłączeniu w zakresie usług: wyszukiwania, przeglądania, pobierania, przekształcania oraz usług umożliwiających uruchamianie usług danych przestrzennych, jeżeli mogłoby ono stanowić zagrożenie dla<sup>245</sup>:

- realizacji wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych,
- bezpieczeństwa państwa,
- bezpieczeństwa publicznego,
- działalności wymiaru sprawiedliwości.

**Tereny zamknięte** to tereny o charakterze zastrzeżonym ze względu na obronność i bezpieczeństwo państwa, określone przez właściwych ministrów i kierowników urzędów centralnych<sup>246</sup>.

Jeżeli informacjom o obiektach położonych na terenach zamkniętych nadano klauzulę tajności, to w stosunku do materiałów geodezyjnych i kartograficznych zawierających informacje o tych obiektach stosuje się przepisy specjalnego rozporządzenia. Takimi materiałami mogą być<sup>247</sup>:

- 1/ zobrażenia o geometrycznej zdolności rozdzielczej (terenowej odległości próbkowania) 0,5 m lub wyższej, wykonane w dowolnym zakresie promieniowania elektromagnetycznego,

<sup>245</sup> Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej..., art. 16.

<sup>246</sup> Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne..., art. 2.

<sup>247</sup> Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 22 grudnia 2011 r. w sprawie rodzajów materiałów geodezyjnych i kartograficznych, które podlegają ochronie zgodnie z przepisami o ochronie informacji niejawnych, Dz.U. 2011 nr 299 poz. 1772, par. 3.

- 2/ materiały powstałe w wyniku skaningu laserowego, jeżeli gęstość punktów zarejestrowanych przez urządzenie skanujące ma wartość 8 punktów na metr kwadratowy lub większą, badaną w obszarze próbkowania 10 m x 10 m,
- 3/ materiały zawierające rysunek, obraz lub rezultaty pomiarów pozwalające na określenie współrzędnych z dokładnością właściwą dla map w skali 1:5.000 lub większą,
- 4/ materiały oraz bazy danych, zawierające informację opisową lub w postaci znaku graficznego o przeznaczeniu obiektów położonych na terenach zamkniętych, jeżeli informacjom o tych obiektach nadano klauzulę tajności.

Dla obronności i bezpieczeństwa państwa mają znaczenie następujące rodzaje prac geodezyjnych i kartograficznych<sup>248</sup>:

- 1/ zakładanie i modernizowanie podstawowych osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych,
- 2/ tworzenie i aktualizowanie zbiorów danych dotyczących podstawowych osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych,
- 3/ sporządzanie, drukowanie i aktualizowanie map topograficznych w skalach 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 oraz map przeglądowo-topograficznych w skalach 1:250.000, 1:500.000, 1:1.000.000,
- 4/ pomiary i opracowania grawimetryczne i magnetyczne,
- 5/ wykonywanie fotogrametrycznych i teledetekcyjnych zdjęć lotniczych,
- 6/ pomiary i opracowania fotogrametryczne z wykorzystaniem zdjęć lotniczych i zobrażeń satelitarnych,
- 7/ opracowywanie, drukowanie i aktualizowanie map lotniczych w skalach: 1:50.000, 1:250.000, 1:500.000, 1:1.000.000, 1:2.000.000.
- 8/ prowadzenie państwowego rejestru granic oraz powierzchni jednostek podziału terytorialnego kraju,
- 9/ tworzenie i aktualizowanie systemów informacji geograficznej oraz systemów informacji o terenie,
- 10/ wykonywanie pomiarów w oparciu o serwisy systemu wspomagania precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASG-EUPOS.

## 3.7. Transport ładunków niebezpiecznych

### 3.7.1. Skala zjawiska i uwarunkowania prawne

Transport materiałów niebezpiecznych może powodować: zagrożenie życia i zdrowia ludzi, zwierząt oraz roślinności (w wyniku skażenia biologicznego lub chemicznego, wybuchu, pożaru, zapylenia, hałasu, drgań lub wibracji), zanieczyszczenia powietrza, wód

<sup>248</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 26 maja 2010 r. w sprawie rodzajów prac geodezyjnych i kartograficznych mających znaczenie dla obronności i bezpieczeństwa państwa oraz współdziałania Służby Geodezyjnej i Kartograficznej z jednostką organizacyjną Sztabu Generalnego Wojska Polskiego właściwą w sprawach geodezji i kartografii, Dz.U. 2010 nr 109 poz. 718, art. 2.

podziemnych, powierzchniowych oraz gleb (skażenie biologiczne, chemiczne, zmiany termiczne), naruszenie zasobów środowiska przyrodniczego, rozprzestrzeniania się ciśnienia w postaci fal podłużnych i poprzecznych itp.<sup>249</sup>

Przewozy materiałów niebezpiecznych odbywają się kolejną, transportem drogowym, wodnym i lotniczym. Koleją w Polsce przewozi się rocznie około 22 mln ton towarów niebezpiecznych. Blisko 90% tych towarów to ropa i produkty ropopochodne (benzyny i oleje napędowe), gazy techniczne (głównie propan–butan) oraz kwas siarkowy. Towary niebezpieczne przewożone są w wagonach-cysternach i w kontenerach-cysternach oraz jako przesyłki jednostkowe w wagonach krytych i odkrytych (węglarki, platformy) oraz w kontenerach<sup>250</sup>. Transportem samochodowym w Polsce przewozi się około 7 razy więcej towarów niebezpiecznych niż kolejami<sup>251</sup>. Przyczyną może być niska jakość infrastruktury kolejowej, zły stan techniczny taboru<sup>252</sup>, a także fakt, że transport drogowy jest tańszy. W Stanach Zjednoczonych jest odwrotnie – większość materiałów niebezpiecznych przewozi się transportem kolejowym.

Transport materiałów niebezpiecznych w Polsce jest regulowany głównie następującymi przepisami:

- 1/ Ustawa o przewozie towarów niebezpiecznych<sup>253</sup>, która implementuje dyrektywy unijne w tej dziedzinie do prawa krajowego,
- 2/ Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej w sprawie warunków krajowego przewozu towarów niebezpiecznych środkami transportu należącymi do Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej<sup>254</sup>,
- 3/ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie określenia dodatkowych wymagań dotyczących przewozu towarów niebezpiecznych statkami niepodlegającymi Konwencji SOLAS<sup>255</sup>,

249Poliński J., *Problemy związane z transportem ładunków niebezpiecznych*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, <http://www.firmabhp.com/pliki/Drogowy%20przewoz%20towarow%20niebezpiecznych.pdf>, dostęp: 23.11.2014.

250Por. Borysiewicz M., Kacprzyk W., *Ocena ryzyka w transporcie kolejowym materiałów niebezpiecznych, cz. I – Metodyka*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych”, nr 50/2011, s. 219; Surowiecki A., Zamiar Z., *Bezpieczeństwo przewozu towarów w transporcie lądowym*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2014.

251 *Informacja o wynikach kontroli. Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa styczeń 2012, s. 20-21.

252 Tamże..., s. 22.

253 Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych, Dz.U. z 2011 r. Nr 227, poz. 1367 z późn. zm.

254 Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 9 listopada 2012 r. w sprawie warunków krajowego przewozu towarów niebezpiecznych środkami transportu należącymi do Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej lub środkami transportu, za które Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej są odpowiedzialne, Dz.U. 2012 poz. 1364.

255 Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 17 czerwca 2013 r. w sprawie określenia dodatkowych wymagań dotyczących przewozu towarów niebezpiecznych statkami niepodlegającymi Konwencji SOLAS, Dz.U. 2013 poz. 798.

- 4/ RID – Regulamin międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych<sup>256</sup>,
- 5/ SMGS – Umowa o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej – Załącznik 2,
- 6/ COTIF – Konwencja o przewozie towarów kolejami – Załącznik B. Umowa międzynarodowego przewozu towarów kolejami - przewozy krajowe i międzynarodowe,
- 7/ Ustawa z dnia 31 marca 2004 r. o przewozie kolejną towarów niebezpiecznych.
- 8/ ADR – Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych, sporządzona w Genewie 30 września 1957 r., ratyfikowana przez Polskę w 1975 r.<sup>257</sup>,
- 9/ IMDG (*International Maritime Dangerous Goods Code*) – międzynarodowe przepisy dotyczące transportu morskiego materiałów niebezpiecznych<sup>258</sup>,
- 10/ ADN – Europejskie Porozumienie w sprawie międzynarodowych przewozów materiałów niebezpiecznych śródlądowymi drogami wodnymi – porozumienie utworzone w 2000 roku, obowiązuje w 14 krajach Europy,
- 11/ IATA-DGR – Przepisy dotyczące transportu materiałów niebezpiecznych w międzynarodowym transporcie lotniczym<sup>259</sup>.

W praktyce, transport lotniczy materiałów niebezpiecznych i żegluga śródlądowa w Polsce są rzadko stosowane. Transport lotniczy – ze względu na porównywalnie wysokie koszty, żegluga śródlądowa – z powodu słabo rozwiniętej infrastruktury rzecznej i niestabilnej sezonowo nawigacji śródlądowej. W niektórych krajach te rodzaje transportu materiałów niebezpiecznych są bardziej rozpowszechnione.

Przepisy dotyczące przewozu samochodowego materiałów niebezpiecznych są restrykcyjne<sup>260</sup>. Jednak czasami dochodzi do nieprawidłowości. Ich skutkiem są wypadki i kolizje. W latach 90. takie sytuacje były rzadkością, jednak rozwój transportu spowodował narastanie zjawiska i np. w 2001 roku doszło do 94 wypadków, w tym 24 – z przedostaniem się związków niebezpiecznych do środowiska. Negatywne skutki zdarzeń drogowych w przypadku materiałów niebezpiecznych są bardziej rozległe od skutków innych wypadków komunikacyjnych, ponieważ po rozszczelnieniu zbiornika z substancją niebezpieczną (toksyczną, wybuchową czy promieniotwórczą) konieczna jest ewakuacja lud-

---

256 Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID), stanowiący załącznik C do Konwencji o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF), sporządzonej w Bernie dnia 9 maja 1980 r., Dz.U. z 2007 r. Nr 100, poz. 674 i 675 z późn. zm.

257 Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r., Dz.U. z 2011 r. Nr 110, poz. 641.

258 Międzynarodowy Kodeks Morski Towarów Niebezpiecznych, wydany na podstawie przepisów części A rozdziału VII Międzynarodowej Konwencji o Bezpieczeństwie Życia na Morzu. Są to przepisy Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO), obowiązujące we wszystkich krajach należących do tej organizacji.

259 *Dangerous Goods Regulation*. Obowiązują we wszystkich krajach członkowskich Międzynarodowego Zrzeszenia Transportu Lotniczego – IATA. Zostały opracowane przez Komitet Ekspertów ICAO - *International Civil Aviation Organization*.

260 Zob. np.: Janczak A., *ADR w spedycji i magazynie: składowanie i przewóz materiałów niebezpiecznych*, Dom Wydawniczy Zacharek, Warszawa 2010; Pusty T., *Przewóz materiałów niebezpiecznych: poradnik kierowcy*, WKŁ, Warszawa 2000.

ności, dekontaminacja skażonego terenu i pobliskich wód, co generuje olbrzymie koszty działań ratowniczych<sup>261</sup>.

Wypadki w przewozach kolejowych zdarzają się nieczęsto, jednak ich skutki są większe, ponieważ jednorazowo koleją przewozi się więcej substancji niebezpiecznych niż pojazdami kołowymi. Ponadto, dostęp ratownictwa technicznego do wypadku kolejowego jest często utrudniony ze względu na położenie torowisk.

Wymienione akty prawne nie regulują problemu wyznaczania tras przewozu materiałów niebezpiecznych. Tak, np. rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej określa<sup>262</sup>:

- warunki krajowego przewozu towarów niebezpiecznych środkami transportu należącymi do Sił Zbrojnych RP lub środkami transportu, za które siły zbrojne są odpowiedzialne,
- szczegółowe wymagania, jakie powinny spełniać pojazdy oraz urządzenia transportowe i opakowania mające zastosowanie w przewozie towarów niebezpiecznych,
- warunki i tryb wydawania wojskowego świadectwa dopuszczenia do przewozu towarów niebezpiecznych, a także wzór i sposób jego wypełniania.

### 3.7.2. Klasyfikacja materiałów niebezpiecznych

**Materiał niebezpieczny** to materiał lub przedmiot, który zgodnie z wcześniej wymienionymi regulacjami prawnymi nie jest dopuszczony do przewozu drogowego, przewozu koleją, transportem lotniczym lub przewozu żegluga śródlądową albo jest dopuszczony do takiego przewozu na warunkach określonych w tych przepisach<sup>263</sup>.

Zgodnie z załącznikiem 2 do SMGS<sup>264</sup> oraz załącznikiem A umowy ADR<sup>265</sup>, materiały i przedmioty niebezpieczne zostały podzielone na następujące klasy, w zależności od ich właściwości i powodowanego zagrożenia:

- Klasa 1 Materiały i przedmioty z materiałem wybuchowym,
- Klasa 2 Gazy,
- Klasa 3 Materiały ciekłe zapalne,
- Klasa 4.1 Materiały stałe zapalne, materiały samoreaktywne i materiały wybuchowe stałe odczulone,
- Klasa 4.2 Materiały samozapalne,

261 Informacja o wynikach kontroli funkcjonowania transportu drogowego i kolejowego w latach 1990-2004, Departament Komunikacji i Systemów Transportowych, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2005, s. 128.

262 Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 9 listopada 2012 r. ..., par. 1.

263 Zob. szerzej: Pellowski W., Pich R., Wrzesiński J., *Materiały niebezpieczne dla studentów inżynierii bezpieczeństwa*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Łądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wrocław 2012.

264 Umowa o międzynarodowej kolejowej komunikacji towarowej (Umowa SMGS), obowiązuje od 1 listopada 1951 r. z późniejszymi zmianami i uzupełnieniami według stanu na dzień 1.08.2013 r.

265 Oświadczenie Rządowe z dnia 28 maja 2013 r. w sprawie wejścia w życie zmian do załączników A i B Umowy europejskiej dotyczącej międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r., Dz.U. z 16 lipca 2013 r., poz. 815.



- Klasa 4.3 Materiały wytwarzające w zetknięciu z wodą gazy zapalne,
- Klasa 5.1 Materiały utleniające,
- Klasa 5.2 Nadtlenki organiczne,
- Klasa 6.1 Materiały trujące (toksyczne),
- Klasa 6.2 Materiały zakaźne,
- Klasa 7 Materiały promieniotwórcze,
- Klasa 8 Materiały żrące (korozyjne),
- Klasa 9 Różne materiały i przedmioty niebezpieczne.

### 3.7.3. Zastosowanie GIS w transporcie ładunków niebezpiecznych

Zastosowanie GIS w transporcie materiałów niebezpiecznych wiąże się głównie z:

- 1/ **Optymalizacją trasy.** Technologia GIS pozwala określić miejsca, w pobliżu których ewentualny wypadek może przynieść większe straty, a w związku z tym – należy je omijać. Przy planowaniu tras przewozu materiałów niebezpiecznych wyznacza się je tak, aby przebiegały w odpowiedniej odległości od takich miejsc<sup>266</sup>. Na podstawie analizy wypadków kolejowych z zastosowaniem takich technik, jak: wyznaczanie przyczyn podstawowych i identyfikacja prekursorów wypadków, wykazano, że wypadki zachodzą najczęściej w specyficznych miejscach analizowanego obszaru transportowego. „Gorący punkt” jest zdefiniowany istnieniem przynajmniej jednego wrażliwego obiektu infrastruktury komunikacyjnej w otoczeniu miejsca o względnie dużym stopniu zaludnienia. Zwykle gorące punkty identyfikuje ekspert przeprowadzający analizę ryzyka. W transporcie kolejowym takimi wyróżnionymi obiektami mogą być stacje, instalacje sygnalizacyjne, zwrotnice, mosty, przejścia/przejazdy, kanalizacja, tunele, skrzyżowania z liniami wysokiego napięcia, detektory<sup>267</sup>. Optymalizacja trasy za pomocą technologii GIS polega również na uwzględnianiu przy planowaniu trasy natężenia ruchu na drogach, aby transport materiałów niebezpiecznych odbywał się po drogach mniej uczęszczanych lub w czasie najmniejszego ruchu.
- 2/ **Optymalizacją środków transportu.** W Europie ponad 80% wszystkich materiałów niebezpiecznych przewozi się transportem samochodowym. Wynika to m.in. z niższych taryf przewozowych, stosowanych w transporcie drogowym. Natomiast najwyższy poziom bezpieczeństwa przewozu zapewnia kolej. **Transport intermodalny** jest najodpowiedniejszym rodzajem przewozu materiałów niebezpiecznych z powodu ograniczenia do minimum operacji ładunkowych, związanych z transportowanym ładunkiem. Ma to szczególne znaczenie w przewozach wschód – zachód, gdzie czynności przeładunkowe na wschodniej granicy Polski wynikają z różnych szerokości torów (1.435/1.520 mm). Transport intermodalny umożliwia omijanie dużych aglomeracji i centrów miast, a także skraca czas przewozu od nadawcy do odbiorcy ładunku<sup>268</sup>.

266 Konsultacja merytoryczna z mgr st. kpr. J. Nastałkiem, logistyka materiałowa, Centrum Szkolenia Wojsk Inżynieryjnych i Chemicznych we Wrocławiu.

267 Por. Borysiewicz M., Kacprzyk W., *Ocena ryzyka w transporcie kolejowym materiałów niebezpiecznych...*, s. 223-230.

268 Poliński J., *Problemy związane z transportem ładunków niebezpiecznych...*

- 3/ **Szacowaniem ryzyka** związanego z transportem materiałów niebezpiecznych, określeniem zasięgu strefy niebezpiecznej, rozkładu/ rozmiarów/ obszaru skażenia. Materiały niebezpieczne stanowią szczególne zagrożenie dla ludzi i środowiska przyrodniczego. Wśród wielu substancji największym zagrożeniem są gazy oraz ciecze niskowrzące. Problem wyznaczania rozkładu skażeń powstałych po awariach z tymi substancjami jest niezwykle trudny. Uwolnienie substancji niebezpiecznych na skutek defektu, a potem awarii ma zazwyczaj różny przebieg. Zwykle część substancji cieczy niskowrzących natychmiast odparowuje, tworząc obłok pierwotny. Pozostała część rozlewa się i powstaje rozległa plama, o grubości uzależnionej od wielu warunków miejscowych, która nadal paruje dając w efekcie tzw. „obłok wtórny”. Czas parowania zależy w dużym stopniu od temperatury wrzenia cieczy, temperatury otoczenia oraz grubości plamy. W przypadku substancji gazowych cała zawartość zbiornika zostaje uwolniona i tworzy obłok pierwotny. Zawsze rozmiar skażenia jest uzależniony od warunków atmosferycznych (meteorologicznych)<sup>269</sup>.
- 4/ Wdrożeniem **systemu monitoringu transportu materiałów niebezpiecznych** opartego na elektronicznym przekazywaniu danych w odniesieniu do przewozu tej grupy materiałów, zarówno transportem samochodowym, jak i kolejowym, zachodzi konieczność budowy. Na przykład, w latach 2000–2001 wydarzyło się prawie 100 wypadków z substancjami niebezpiecznymi w transporcie drogowym oraz około 60 – w transporcie kolejowym. Poziom bezpieczeństwa obniża nierzetelne monitorowanie transportu materiałów niebezpiecznych, wynikające z braku odpowiednich systemów informatycznych. Nader często zdarzają się przypadki niedostatecznego śledzenia tych przesyłek w czasie przewozu oraz nie prowadzenia dokumentacji lub jej sporządzania w ograniczonym zakresie<sup>270</sup>.
- 5/ Rozwojem aplikacji w zakresie **inteligentnych systemów transportowych wykorzystujących lokalizację pojazdów**. Problem precyzyjnej lokalizacji pojazdów / ładunków niebezpiecznych z wykorzystaniem systemu satelitarnej lokalizacji obiektów (pojazdów i/lub ładunków) nie jest nowy, wiąże się z opisanym wcześniej zarządzaniem flotą pojazdów. Wspólną cechą oprogramowania do zarządzania flotą pojazdów jest zbieranie danych o precyzyjnej lokalizacji i ruchu pojazdów przez centrum zarządzania (logistyczne) i wykorzystanie tych informacji do kierowania ruchem oraz do różnorodnych analiz.
- Zarządzanie flotą pojazdów przynosi wymierne korzyści poprzez<sup>271</sup>:
- lepsze wykorzystanie posiadanych pojazdów,
  - skrócenie czasu i zwiększenie terminowości świadczenia usług,
  - zwiększenie bezpieczeństwa ładunków i pojazdów,
  - eliminację nadużyć popełnianych przez kierowców,

---

269 Tamże...

270 Informacja o kontroli przewozów materiałów niebezpiecznych transportem drogowym i kolejowym, Departament Komunikacji i Systemów Transportowych NIK, Warszawa, luty 2003 r.

271 Sobstel J.W., *Rozwój aplikacji nawigacji satelitarnej i monitoringu w Polsce*, [https://www.kosmos.gov.pl/Rozwoj\\_aplikacji\\_nawigacji\\_satelitarnej\\_i\\_monitoringu\\_w\\_Polsce.doc](https://www.kosmos.gov.pl/Rozwoj_aplikacji_nawigacji_satelitarnej_i_monitoringu_w_Polsce.doc), dostęp: 25.11.2014.

- możliwość bezpośredniego wprowadzania zbieranych informacji do systemów informatycznych przedsiębiorstwa i inne.

Stosowane są dwa rodzaje systemów zbierania informacji: typu „czarna skrzynka” odczytywana okresowo oraz z transmisją okresową i/lub zależną od zdarzeń w systemie GPRS. W pierwszym przypadku odczyt informacji dotyczących np. trasy, czasu, tankowania itp. następuje po powrocie do bazy. W nowszych rozwiązaniach wykorzystuje się transmisję GPRS zarówno do przesyłania informacji z rozbudowanego systemu sygnalizacyjno-pomiarowego zainstalowanego w pojeździe, jak i do komunikacji z załogą pojazdu. W kabinie kierowcy instalowane są proste terminale statusowe do komunikacji z załogą z centrum zarządzania a coraz częściej także terminale graficzne wykorzystywane do zarządzania flotą jak i do nawigacji<sup>272</sup>.

W stacjach centralnych stosowane jest rozbudowane specjalistyczne oprogramowanie, które poza wizualizacją położenia i śledzeniem pojazdów umożliwia przeprowadzanie różnych analiz np.

Monitorowanie pojazdów jest usługą świadczoną przez firmy branży zabezpieczeń elektronicznych, które zwykle prowadzą też inne formy monitoringu (włamaniowy, pożarowy itd.) i posiadają obsługiwane w sposób ciągły centra monitorowania. Antena, odbiornik GPS, jak i nadajnik GSM są umieszczane w pojeździe w miejscu niewidocznym. Zagrożenie jest wykrywane przez pokładowy system alarmowy i przekazywane najczęściej jako komunikat GPRS. Kierowca może również wezwać pomoc (przycisk napadowy) a po wykryciu zdarzenia prowadzony jest podsłuch z kabiny pojazdu. Położenie pojazdu jest śledzone przez stację monitorującą w zależności od umowy – po wykryciu zdarzenia, na żądanie użytkownika lub w sposób ciągły. Informacje o zdarzeniu i położeniu pojazdu są przesyłane do telefonu komórkowego użytkownika. Pełne informacje dotyczące pojazdu są udostępniane użytkownikowi przez Internet<sup>273</sup>.

W nawigacji satelitarnej stosowane są dwa podstawowe rozwiązania:

- systemy wbudowane dostarczane przez wytwórcę pojazdu,
- systemy niezależne.

Praktycznie wszyscy producenci, szczególnie droższych pojazdów, oferują wbudowane systemy do nawigacji satelitarnej jako rozwiązanie opcjonalne. Systemy takie zwykle współpracują z innymi systemami zainstalowanymi w pojeździe, umożliwiają jego monitorowanie. Niektóre pojazdy są przystosowane do pracy w systemie eCall przesyłając automatycznie informacje w przypadku zadziałania systemów bezpieczeństwa<sup>274</sup>.

Systemy niezależne działają na różnych platformach od typowych komputerów pokładowych przez notebooki i urządzenia typu palmtop do rozbudowanych odbiorników GPS i telefonów komórkowych.

Wyróżniają się dwie grupy rozwiązań:

- z mapą statyczną,
- z mapą (bazą danych) aktualizowaną.

---

272 Tamże...

273 Tamże...

274 Tamże...

Systemy z mapą statyczną korzystają z map zapisanych w pamięci urzędnika, aktualizowanych okresowo. Mapy te zawierają coraz więcej informacji nie tylko o samych drogach, ograniczeniach w ruchu i znakach drogowych lecz także o obiektach. W systemach z mapą aktualizowaną poza mapą zainstalowaną lokalnie pobierane są informacje aktualizujące jej zawartość, np. o informację o zatorach, objazdach, drogach jednokierunkowych. Informacje te są wprowadzane w czasie planowania trasy lub dynamicznie w czasie podróży. Zasadniczym problemem w tym przypadku jest pozyskiwanie aktualnych i wiarygodnych informacji. Aktualnie wykorzystywane są informacje pochodzące od innych użytkowników dróg lub od służb działających w rejonie tych dróg<sup>275</sup>.

Postępujące zwiększanie dokładności lokalizacji umożliwi opracowanie kolejnych generacji map cyfrowych 3D służących także do aktywnego wspierania lokalizacji. Przyczyni się to do usprawnienia satelitarnego nadzoru nad ruchem ładunków niebezpiecznych. Pełne wykorzystanie możliwości systemów GPS III, Galileo i GLONASS w transporcie materiałów niebezpiecznych będzie oznaczało m.in.:

- zasadnicze zwiększenie bezpośredniej dostępności sygnału także w tunelach, pod ziemią,
- zwiększenie dokładności określenia pozycji,
- skrócenie czasu określania pozycji.

### 3.8. GIS jako instrument koordynacji współpracy międzynarodowej / transgranicznej służb bezpieczeństwa publicznego

Ważnym aspektem zastosowania GIS jest internacjonalizacja zarządzania ryzykiem występowania zagrożeń. Pogłębianie procesów integracji europejskiej, integracji w ramach NATO, jest czynnikiem sprzyjającym rozwojowi współpracy międzynarodowej w dziedzinie bezpieczeństwa. Współpraca międzynarodowa w tej dziedzinie pozwala m.in.: skorzystać z doświadczenia partnerów (służb) zagranicznych, dofinansować projekty z dziedziny bezpieczeństwa z programów europejskich, podnieść skuteczność służb i straży podczas wystąpienia sytuacji kryzysowych.

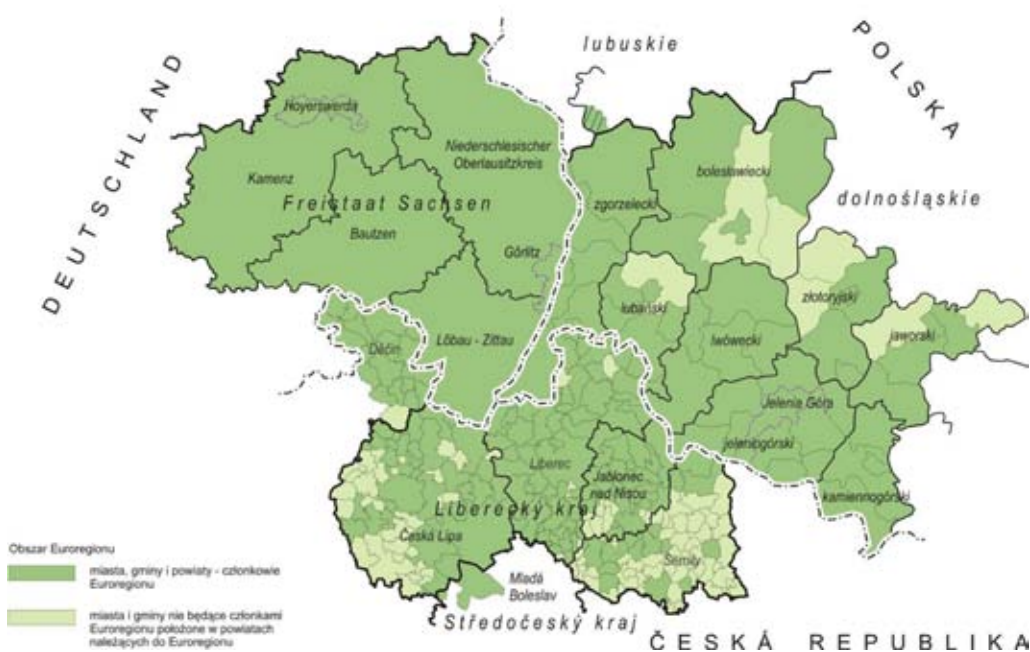
Szczególnie istotna jest intensyfikacja współpracy międzynarodowej na obszarach transgranicznych państw członkowskich Unii Europejskiej, na których występują zagrożenia o charakterze transgranicznym – obejmujące swym zasięgiem obszar po drugiej stronie granicy państwa. W świetle tych zagrożeń tylko ścisłe powiązanie (kompatybilność komunikacyjna, informacyjna, organizacyjna oraz techniczna) organów zarządzania kryzysowego oraz zintegrowanego systemu ratownictwa z obu stron granicy może ograniczyć negatywne oddziaływanie wszystkich zdarzeń nadzwyczajnych na obszarach pogranicza<sup>276</sup>.

---

<sup>275</sup>Tamże...

<sup>276</sup>Zob. szerzej m.in.: Ładysz J., Piepiora Z., *Współpraca transgraniczna w dziedzinie bezpieczeństwa w Euroregionie Nysa* [w:] Żuber M. (red.), *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia podczas*

**Rysunek 32.** Obszar współpracy transgranicznej w dziedzinie bezpieczeństwa w polsko-czesko-niemieckim euroregionie Nysa



Źródło: *Rocznik euroregionu Nysa 2011*, Urząd Statystyczny we Wrocławiu, Wrocław – Liberec – Kamenz 2011.

Dla zapewnienia właściwego bezpieczeństwa na obszarze pograniczy narodowych jest niezbędny dalszy rozwój i doskonalenie współpracy służb i straży odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne. Z pewnością, dalszy rozwój współpracy transgranicznej w dziedzinie bezpieczeństwa będzie ukierunkowany na budowę i dalszy rozwój systemów koordynacji – najważniejszej części systemu przeciwdziałania zagrożeniom. Jest to trudne zadanie ze względu na wiążącą się z jego realizacją koniecznością podziału kompetencji. Żadna ze stron narodowych nie jest zainteresowana przekazaniem kompetencji decyzyjnych partnerowi zagranicznemu. Działanie na zasadzie parytetu sił w tej sytuacji wymaga znalezienia nowego rozwiązania, gdyż dotychczasowe próby tworzenia organów decyzyjnych wykraczających w swoim oddziaływaniu poza granice państwa, nie dało w pełni satysfakcjonujących rezultatów. Pojawiają się także problemy finansowania działalności operacyjnej wykraczającej poza obszar kraju macierzystego oraz problem harmonizacji ustawodawstwa wewnętrznego. Współpraca transgraniczna w dziedzinie bezpieczeństwa może polegać przede wszystkim na wymianie informacji, podejmowaniu wspólnych działań (realizacji projektów z udziałem partnera zagranicznego), harmonizacji w wybranych obszarach (częstotliwość fal w systemach łączności)

*impres masowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wrocław 2008, s. 391-403.

itp.<sup>277</sup> Przykładowo, w Niemczech w zarządzaniu kryzysowym stosowane są systemy takie, jak EFFIS (Europejski System Informacji o Zagrożeniach Pożarowych i Lasów) i GDACS (System Koordynacji i Powiadamiania o Globalnych Zagrożeniach). Rysunek 32 prezentuje obszar współpracy transgranicznej w dziedzinie bezpieczeństwa w polsko-czesko-niemieckim euroregionie Nysa.

### 3.9. Satelitarny i lotniczy monitoring obszarów w sytuacji awarii elektrowni nuklearnych

Od 26.08.2013 Ukraina i Japonia biorą udział w projekcie satelitarnego monitoringu obszarów wokół elektrowni jądrowych w Czarnobylu oraz Fukushima. Jest to wspólny projekt Uniwersytetu w Tokio oraz Narodowej Ukraińskiej Agencji Kosmicznej (NSAU). W 2014 roku rosyjska rakieta wyniosła na orbitę dwa miniaturowe satelity produkcji japońskiej (Hodoyoshi-3 and Hodoyoshi-4). Ich celem jest zbieranie danych (m.in. fotografowanie) dotyczących poziomu promieniowania w okolicach elektrowni jądrowych w Czarnobylu i Fukushima. Posłużą one do monitorowania ruchu substancji radioaktywnych i ocenie stopienia zagrożenia dla środowiska. Satelity będą również odbierać sygnały z czujników zainstalowanych na powierzchni ziemi. Zebrane informacje posłużą do określenia obszarów, gdzie poziom promieniowania przekracza dopuszczalne normy. Ponadto, satelity będą monitorowały poziom wody w rzekach dla 22 państw azjatyckich<sup>278</sup>.

Katastrofy elektrowni jądrowych w Czarnobylu (26.04.1986) i Fukushima (12.03.2011) sklasyfikowano na poziomie 7 w siedmiopunktowej międzynarodowej skali Organizacji Narodów Zjednoczonych INES (*International Nuclear Event Scale*)<sup>279</sup>. Na rysunku 33 pokazano zdjęcia z monitoringu satelitarnego przed i po trzeciej eksplozji reaktora w elektrowni atomowej Fukushima 13.03.2011 r. Widać chmurę radioaktywnego pyłu przemieszczającą się w kierunku Tokio.

Amerykański Departament Energii i japoński National Nuclear Security Administration (NNSA) opracowały mapę okolic elektrowni obrazującą aktywność substancji promieniotwórczych, które osiadły na powierzchni gruntu, oparta na pomiarach z 30.03-3.04.2011, wyskalowana w miliremach na godzinę (rysunek 34).

---

277 Zob. szerzej m.in.: Ładysz J., Piepiora Z., *Współpraca transgraniczna w dziedzinie bezpieczeństwa w Euroregionie Nysa* [w:] Żuber M. (red.), *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia podczas imprez masowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Łądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wrocław 2008, s. 391-403.

278 *New Japanese satellites to observe Fukushima, Chernobyl environments*, "Environmental Monitor" application and technology news for environmental professionals, <http://www.fondriest.com/news/new-japanese-satellites-fukushima-chernobyl.htm>, opublikowano: 20.06.2014.

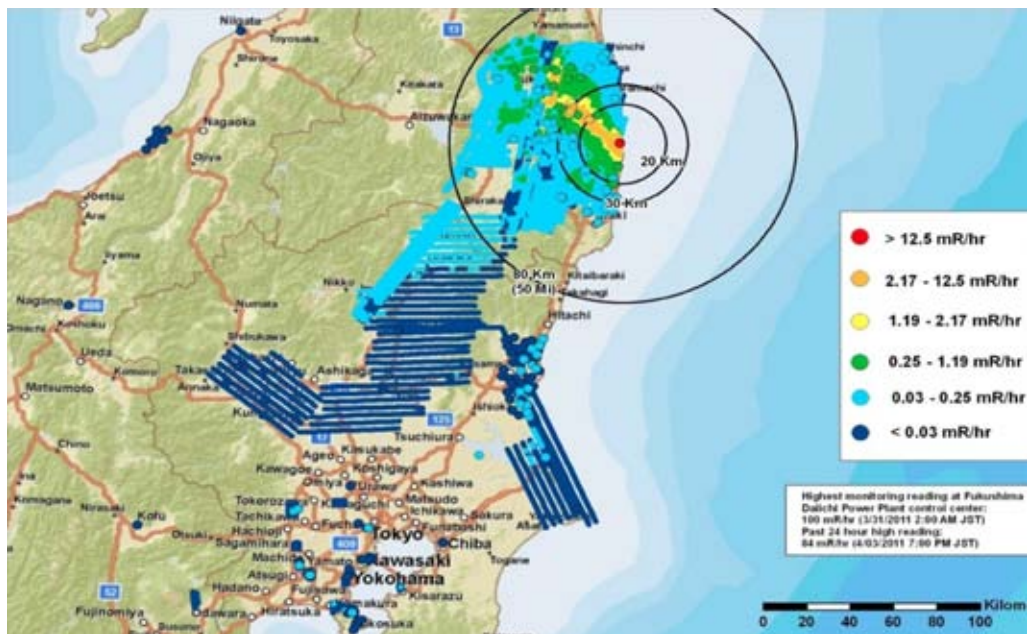
279 *Chernobyl and Fukushima: Joint satellite project to track radiation*, UN-SPIDER, <http://www.un-spider.org/about-us/news/chernobyl-and-fukushima-joint-satellite-project-track-radiation>, opublikowano: 5.09.2014.

**Rysunek 33.** Zdjęcia z monitoringu satelitarnego przed i po trzeciej eksplozji reaktora w elektrowni atomowej Fukushima



Źródło: Fakt.pl, <http://www.fakt.pl/radioaktywna-chmura-nad-tokio,artykuly,98567,1,1,2.html> za: GeoEye Inc. (od 2013 r. DigitalGlobe)

**Rysunek 34.** Mapa skażonych terenów wokół elektrowni Fukushima według pomiarów z 22.03–3.04.2011 r.



Źródło: National Nuclear Security Administration (NNSA) US Department of Energy, [http://energy.gov/news/documents/AMS\\_Data\\_April\\_4\\_v1.pptx](http://energy.gov/news/documents/AMS_Data_April_4_v1.pptx), dostęp: 10.03.2012.

Monitoring jest istotny m.in. ze względu na plany ponownego zagospodarowania części zanieczyszczonych obszarów. Tak, rząd Białorusi opracował program mający na celu

przywrócić do powszechnego użytku tereny ewakuacji ludności po katastrofie elektrowni jądrowej w Czarnobylu w 1986 r. Na realizację Państwowego programu przeciwdziałania skutkom katastrofy w Czarnobylu na lata 2011–2015 i okres do roku 2020<sup>280</sup> przeznaczono ponad 2,3 miliarda dolarów.

Zgodnie z planem, 31.10.2013 roku rozpoczął się kolejny etap budowy nowego schronienia nad sarkofagiem skrywającym reaktor nr 4, tzw. „Arki”. Etap ten zakłada usunięcie istniejącego komina wentylacyjnego W-2 bloków 3 i 4, który stał się wraz z sarkofagiem symbolem katastrofy w Czarnobylu. Usunięcie komina jest koniecznym warunkiem do tego, aby możliwe było zakrycie całego bloku Arką.

---

<sup>280</sup>Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2010 № 1922 „Об утверждении Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011 - 2015 годы и на период до 2020 года” z późn. zmianami.



## WNIOSKI I REKOMENDACJE

Na podstawie zgromadzonych materiałów i przeprowadzonych analiz można wyciągnąć następujące wnioski:

- Jest coraz więcej krajowych doświadczeń (dobrych przykładów) w organizacji i zarządzaniu systemami informacji przestrzennej.
- Współcześnie GIS jest ważnym składnikiem rozwoju społeczeństwa opartego na wiedzy. Rozwój GIS następuje w kierunku powszechnego dostępu do informacji przestrzennej.
- Należy oczekiwać szybkiego rozwoju mobile-GIS, zwiększenia dostępu do baz danych GIS z urządzeń mobilnych, wykorzystania tych urządzeń do akwizycji, zarządzania i automatycznej aktualizacji baz danych przestrzennych w czasie zbliżonym do rzeczywistego.
- Ze zróżnicowania rozwiązań technicznych i organizacyjnych GIS wynika m.in. potrzeba wdrażania powszechnie obowiązujących, uniwersalnych standardów i norm w tym zakresie.
- Z punktu widzenia inżynierii bezpieczeństwa najważniejsze jest zastosowanie GIS do celów wspomagania decyzji w administracji publicznej, szczególnie – w organach odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne.
- Odpowiednio dobrane oprogramowanie GIS na podstawie przygotowanych danych może pomóc w rozwiązaniu wielu problemów z zakresu inżynierii bezpieczeństwa wspierając proces podejmowania decyzji. Przykładami obszarów wspieranych omawianym systemem są optymalne: lokalizacje placówek zdrowotnych, punktów straży pożarnej; rozmieszczenie urządzeń i sieci infrastruktury technicznej; trasy przemieszczania się pojazdów ratunkowych oraz flotowych; reakcje na klęski żywiołowe, epidemie oraz prognozowanie ich; wspomaganie militarne w zarządzaniu wojskiem i wiele innych. W systemie bezpieczeństwa publicznego istotna jest przede wszystkim optymalizacja sił i środków z użyciem GIS. Umożliwia to m.in. wspólny obraz operacyjny jako wynik integracji systemów za pomocą GIS.
- Technologia GIS pozwala na zwiększenie:
  - skuteczności – wspieranie procesu podejmowania optymalnej decyzji,
  - spójności – integracja danych z różnych źródeł i sprawne zarządzanie nimi,
  - efektywności – obniżenie kosztów wykonywanej działalności.

Obserwujemy skokowy przyrost danych przestrzennych z różnych źródeł. Dostępne obecnie oprogramowanie GIS pozwala przede wszystkim lepiej zrozumieć dane przestrzenne – to, co widzimy na mapie, zobrazowaniu satelitarnym, bazie metadanych itp.

Pomimo niewątpliwych zalet GIS pozostaje nadal wiele kwestii problematycznych. Do takich należy problem opracowania, wdrażania i stosowania powszechnie obowiązujących standardów (zapisów, stosowanych terminów, wzorów, technik, rozszerzeń plików itp.).

Istotny jest także problem niepewności prognoz obliczanych przez modele matematyczne, a także właściwość propagacji błędów w działaniach analitycznych przeprowadzanych na danych przestrzennych w środowisku GIS. Jak zauważa Magnuszewski A., wartość np. przepływu kulminacyjnego powodzi, bez względu na metodę, jaką się posłużymy do jej wyznaczenia, jest tylko oszacowaniem, a zatem wraz z wynikiem powinien być podany także przedział niepewności towarzyszący tej wartości. Podobna niepewność powstaje wraz z przetwarzaniem danych przestrzennych, które cechuje określona rozdzielczość przestrzenna, błąd przypisania atrybutu i lokalizacji<sup>281</sup>.

Dalszy rozwój zastosowań GIS w bezpieczeństwie publicznym i w powiązanych obszarach będzie uzależniony od postępu w takich dziedzinach, jak:

- rozwój systemów GPS, EGNOS, Galileo, GPS III, GLONASS,
- rozwój systemów łączności radiowej GSM, UMTS, WiMax,
- normalizacja, certyfikacja,
- polityka (dyrektywy, polityka koncesyjna).

Perspektywicznie, wskazana jest m.in.:

- orientacja na integrację i współpracę administracji publicznej z sektorem prywatnymi i ośrodkami naukowo-badawczymi,
- ukierunkowanie GIS na usługi internetowe, oprogramowanie Open Source oraz popularyzację systemów geoinformacyjnych,
- wypracowanie i wdrożenie standardów technologicznych i organizacyjnych GIS, m.in. poprzez transpozycję dyrektywy INSPIRE,
- zapewnienie powszechnego dostępu do danych przestrzennych, m.in. poprzez geoportale i usługi internetowe,
- zwiększenie częstotliwości aktualizacji danych w bazach przestrzennych, m.in. BDOT,
- uzupełnienie braków pokrycia danymi przestrzennymi w istniejących geobazach i inne.

Wciąż istnieje sporo obszarów związanych z inżynierią bezpieczeństwa, w których technologia GIS jeszcze nie jest wykorzystywana lub jest wykorzystywana w stopniu niewystarczającym. Na przykład, NIK nawet w najnowszych informacjach o wynikach kontroli bezpieczeństwa ruchu drogowego w kraju nie stosuje metody kartograficznej<sup>282</sup>.

Jedną z barier wykorzystania pełnych możliwości GIS w inżynierii bezpieczeństwa jest względnie niska popularność, a czasami jeszcze brak wiedzy na temat możliwości GIS. Autor ma nadzieję, że niniejsza pozycja niejako przyczyni się do zwiększenia zainteresowania szeroką problematyką GIS i do wzrostu poziomu wiedzy na temat ich możliwości aplikacyjnych.

281 Por. Magnuszewski A., *Zastosowanie techniki GIS w ocenie zagrożeń naturalnych...*, s. 33.

282 *Bezpieczeństwo ruchu drogowego. Informacja o wynikach kontroli*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 24.07.2014.

## STRESZCZENIE

W książce podjęto próbę identyfikacji i oceny możliwości zastosowania technologii GIS w realizacji zadań z zakresu inżynierii bezpieczeństwa cywilnego i technicznego, a także w obszarach bezpośrednio lub pośrednio z nią związanych. Z uwagi na ograniczenia objętościowe ograniczono się do oceny możliwości zastosowania technologii GIS oraz analizy wybranych przykładów stosowania tej technologii w takich obszarach „cywilnych”, jak: systemy informacji przestrzennej jednostek administracyjno-terytorialnych, geodezja i kartografia, planowanie przestrzenne, transport, turystyka, analizy akustyczne, ochrona środowiska, rolnictwo i leśnictwo, przemysł wydobywczy, a także w obszarach związanych z bezpieczeństwem publicznym, takich jak: zarządzanie kryzysowe, monitoring i ochrona infrastruktury technicznej, System Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego, Informatyczny System Osłony Kraju, bezpieczeństwo militarne (m.in. rozpoznawanie obrazowe i satelitarne, wywiad geoprzestrzenny, czy też rozminowywanie), prace geodezyjne i kartograficzne na terenach zamkniętych, transport ładunków niebezpiecznych, koordynacja współpracy międzynarodowej / transgranicznej służb bezpieczeństwa publicznego, satelitarne i lotnicze monitoring obszaru wokół elektrowni w Czarnobylu i Fukushima.

Pracę podzielono na trzy rozdziały: pierwszy – poznawczo-opisowy, drugi i trzeci – aplikacyjne. Przedmiotem pierwszego rozdziału są teoretyczne podstawy analiz przestrzennych, przegląd oprogramowania, niezbędne do oceny możliwości i obszarów zastosowania systemów informacji przestrzennej w typowych obszarach pośrednio związanych z bezpieczeństwem technicznym i cywilnym (rozdział drugi) oraz bezpośrednio związanych z realizacją zadań z zakresu inżynierii bezpieczeństwa cywilnego i technicznego (rozdział trzeci). W drugim i trzecim rozdziale przeanalizowano przykłady dotychczasowego wykorzystania technologii GIS w analizowanych obszarach. W trzecim rozdziale wykazano m.in., że w sytuacjach kryzysowych metody i techniki GIS pomagają podjąć uzasadnioną decyzję zbliżoną do optymalnej, w odróżnieniu od powszechnej praktyki podejmowania intuicyjnych decyzji w sytuacjach nadzwyczajnych.

W rozdziale pierwszym przedstawiono definicje podstawowych pojęć. W związku z tym, że książka ma służyć przede wszystkim studentom do nauki zawodu, posługiwano się definicjami instytucji międzynarodowych, takich jak Eurostat, krajowych (Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej) oraz terminami z obowiązujących aktów prawnych.

Autor posługuje się najczęściej pojęciem „technologia GIS”. Wydaje się to być bardziej pojemnym i trafnym określeniem na obecnym etapie rozwoju systemów informacji

przestrzennej, niż utarte w literaturze przedmiotu systemy informacji przestrzennej / geograficznej – „GIS”. W pracy zaproponowano definicję współczesnej technologii GIS jako „informatyczne metody i techniki zarządzania danymi przestrzennymi. Przy czym poprzez zarządzanie danymi przestrzennymi rozumie się procesy pozyskiwania, tworzenia, weryfikacji, ewidencji, standaryzacji (normalizacji), gromadzenia, integrowania, analizowania, interpretowania, modelowania, administrowania, aktualizacji, udostępniania, wizualizacji i wykorzystania danych przestrzennych. Technologie GIS pozwalają na identyfikację i ocenę związków między badanymi zjawiskami, wzorców rozwoju oraz trendów; stanowią podstawę systemów DSS. Immanentną cechą współczesnych technologii GIS jest jej sieciowy charakter. Dotyczy to przede wszystkim pozyskiwania i udostępniania danych.”

W pierwszym rozdziale przedstawiono także zarys aktualnego stanu prawnego w kartografii. Na przykład, punkt o mapie zasadniczej napisano w oparciu o aktualne rozporządzenia, a nie o popularną „podręcznikową” instrukcję K-1 uchyloną w związku z wejściem w życie zapisów ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej. Przedstawiono pojęcie i elementy krajowej infrastruktury informacji przestrzennej, omówiono podstawy georeferencji, geokodowania, topologii. Opisano systemy odwzorowań, układy współrzędnych. Scharakteryzowano państwowy system odniesień przestrzennych. Porównano obowiązujące układy współrzędnych płaskich prostokątnych: PL-1992, PL-2000, PL-UTM. Omówiono trzy podstawowe metody transformacji układów kartograficznych. Przeanalizowano współczesne źródła i metody akwizycji danych przestrzennych, w tym: teledetekcję, fotogrametrię cyfrową, skaning laserowy (naziemny, lotniczy i satelitarny). Przedstawiono zarys problematyki pozyskiwania danych z bezzałogowych systemów powietrznych, technologię obiektowej analizy zdjęć satelitarnych wysokiej rozdzielczości, systemy lokalizacji satelitarnej GPS, GLONASS oraz inne metody pozyskiwania danych przestrzennych, takie jak pictometry<sup>®</sup>, MMS/MLS, cykloramy. Omówiono podstawowe typy analiz przestrzennych. Jako przykład analiz łączących środowisko GIS z różnymi obszarami zastosowań przedstawiono funkcjonalności oprogramowania Galigeo BI<sup>283</sup>, które łączą analizy typu *Location Intelligence* ze środowiskiem *Business Intelligence*. Oprogramowanie to pozwala m.in. prześledzić zależności między wskaźnikami biznesowymi z uwzględnieniem ich odniesienia terytorialnego. Scharakteryzowano rodzaje numerycznego modelu terenu: GRID i TIN. Podano przykłady map tematycznych oraz ich zastosowania. Ze względu na praktyczną, przejrzystą formę prezentacji danych przestrzennych szczegółowo omówiono rodzaje kartogramów i kartodiagramów. Poruszono problem podstawowych elementów mapy i zasad kartograficznych, który ze względu na obszerność zagadnień wchodzących w jego skład, wymagałby osobnego opracowania. Przedstawione aspekty ekonomiczne wdrożenia technologii GIS stanowią kolejne argumenty za jej stosowaniem – ze względu na istotny efekt ekonomiczny dla podmiotów wdrażających GIS, jak i dla całego społeczeństwa.

W rozdziale pierwszym ograniczono się do krótkiej charakterystyki oprogramowania typu *desktop*. Przeanalizowano podstawowe funkcje i funkcjonalności aplikacji GIS,

---

283 Serwis informacyjny Galigeo, <http://www.galigeo.com/>, dostęp: 25.01.2015.

rodzaje oprogramowania GIS: produkty firmy Esri, Geomedia, aplikacje geoprzestrzenne firmy Bentley, polski komercyjny program MapViewer oraz najbardziej rozpowszechnione w świecie oprogramowanie typu *OpenSource* – Quantum GIS. Podano informacje o możliwości uzyskania certyfikatu EPP GIS potwierdzającego posiadanie kompetencji z zakresu wykorzystania danych przestrzennych oraz systemów informacji geograficznej, wydawanego w Polsce przez fundację ECDL i Polskie Towarzystwo Informatyczne.

Opisano takie nowe zjawiska w analizowanym obszarze, jak chmury punktów, rozpoznanie obrazowe, wywiad geoprzestrzenny, GIS temporalny. Wskazano najnowsze kierunki rozwoju technologii GIS, m.in. w planach amerykańskiej federalnej agencji wywiadu satelitarnego NGA. Dostrzegając internacjonalizację języka technicznego, autor podał w tekście angielskojęzyczne odpowiedniki polskich terminów branżowych.

Do ilustracji treści poruszanych w pracy wykorzystano dostępne materiały kartograficzne, zdjęcia, zrzuty ekranów aplikacji GIS.

W podsumowaniu, jako rekomendacje, wskazano perspektywiczne kierunki działań na rzecz maksymalizacji korzyści z technologii GIS w omawianych obszarach zastosowań.



# GIS TECHNOLOGY IN THE SAFETY ENGINEERING

## Summary

The book attempts to identify and assess the feasibility of GIS technology in the field of civil and technical safety engineering, as well as in areas directly or indirectly related to it. Due to the volume limitations, author assessed the feasibility of GIS technology and analysed only selected examples of the application of this technology in the “civilian” areas, such as: geographic information systems of territorial-administrative units, geodesy and cartography, spatial planning, transport, tourism, acoustic analysis, environment, agriculture and forestry, mining, as well as in areas related to public safety, such as: crisis management, protection and monitoring of the critical infrastructure, the Command Support System of National Emergency Medicine, ISOK, military security (among others: image and satellite recognition, geospatial intelligence, mine clearance), geodetic and cartographic work in closed areas, transport of dangerous goods, the coordination of international / cross-border cooperation public safety, satellite and aerial monitoring of areas around destroyed nuclear power stations in Chernobyl and Fukushima.

The book is divided into three chapters: the first – theoretical, second and third - applicable. The subject of the first chapter is the theoretical basis of spatial analysis, overview of the software - necessary to evaluate the possibilities and areas of application of GIS in typical areas indirectly related to technical and civil safety (chapter two), and directly related to the civil and technical safety engineering (chapter three). In the second and third chapter were examined examples of the current use of GIS technology in the analyzed areas. In the third chapter, among others, have shown that in crisis situations GIS methods and techniques can help to make a reasonable decision close to optimal, in contrast to the common practice of intuitive decision-making in emergency situations.

The first chapter presents the definitions of basic terms. In view of the fact that the book is intended primarily for students to learn the profession, author used definitions of international institutions, such as Eurostat, national (Polish Spatial Information Association) and the terms of the actual legislation.

The author most often uses the term “GIS technology”. These words seem to be more capacious and precise term on the current stage of development of spatial information systems than usually used in the literature spatial / geographical information systems - “GIS”. In this paper has been proposed a definition of modern GIS technology as “computer-based methods and techniques of spatial data management. Wherein the spatial data management is understood as processes of acquiring, creating, validating, recording, standardization (normalization), collecting, integrating, analyzing, interpreting, modeling, administration, updating, sharing, visualization and use of spatial data. GIS technology allows to identify and evaluate the relationships between

phenomena, development patterns and trends. This technology is a basis of DSS. Inherent feature of modern GIS technology is its network character. This mainly concerns the acquisition and sharing of data.”

The first chapter provides an outline of the legal regulations in cartography. For example, the fragment about basic map is written on the basis of the current regulations, not on the basis of the popular “textbook” instruction K-1 repealed by the entry into force of the provisions of the Act on spatial information infrastructure. The chapter presents the concept and elements of the national infrastructure of spatial information, the fundamentals of georeferencing, geocoding, topology. The coordinate systems and state spatial reference system have been described. Existing flat rectangular coordinate systems: PL-1992, PL-2000, PL-UTM have been compared. Three basic methods of coordinates transformation have been discussed. Contemporary sources and methods of spatial data acquisition have been examined, including: remote sensing, digital photogrammetry, laser scanning (ground, air and satellite). The problem of acquiring data from unmanned aircraft systems, object-oriented technology of high-resolution satellite imagery analysis, GPS, GLONASS satellite location systems and other spatial data acquisition methods, such as pictometr®, MMS / MLS, cyklorama have been outlined. The basic types of spatial analysis have been discussed. As an example of combining GIS application software with different areas of application, have been described Galigeo BI programme functionalities, which combine analyses of the type *Location Intelligence* with *Business Intelligence* environment. This software allows, among others, to investigate the relationships between business indicators in accordance with their territorial references. Types of digital terrain model: GRID and TIN have been characterized. Examples of thematic maps and their applications have been shown. Due to the practical, transparent form of spatial data presentation, have been discussed in detail types of cartograms and diagrams. The described problem of the map basic elements and cartographic principles, due to the vastness of issues included in its problem, would require a separate study. The described economic aspects of the implementation of GIS technology could be treated as the further arguments for its use - due to the significant economic effect for organizations implementing GIS, as well as for the whole society.

The first chapter is limited to a brief characterization of desktop software. There was described the basic features, functionalities and types of GIS software: ESRI products, Geomedia, Bentley Geospatial applications, Polish commercial program MapViewer and the most widespread in the world OpenSource software - Quantum GIS. Information about the possibility of obtaining a certificate of EPP GIS confirming competencies in the use of spatial data and geographic information systems, from the ECDL Foundation and the Polish Information Processing Society, was provided.

Author described new phenomena in this field as cloud points, imagery intelligence, geospatial intelligence, temporal GIS. There were pointed out the latest GIS technology trends, including plans of US federal geospatial intelligence agency NGA. Recognizing the internationalization of technical language, the author gave the English terms as the equivalents of the Polish branch terms.

To illustrate the content covered in the book were used available cartographic materials, photos, screenshots of GIS applications.

In summary, as the recommendations have been indicated potential directions of activities to maximize the benefits of GIS technology in the concerned application areas.



## ŹRÓDŁA

### Książki i artykuły:

- 1/ Bajerowski T., *Niepewność w dynamicznych układach przestrzennych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2003.
- 2/ Bamler R., *A SRTM Mission: A World-Wide 30m Resolution DEM from SAR Interferometry in 11 days*, „Photogrammetry Week”, 1999.
- 3/ Belof M., *Teoria a praktyka planowania regionalnego. Doświadczenia polskie w planowaniu przestrzennym po 1998 r.*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2013.
- 4/ *Bezpieczeństwo ruchu drogowego. Informacja o wynikach kontroli*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 24.07.2014.
- 5/ Bielecka E., Cichociński P., Iwaniak A., Krawczyk, A., Pachół, P., *Przegląd polskich geoportali na podstawie konkursu „The SDI Best Practice Award 2009”*, „Roczniki Geomatyki”, 2010.
- 6/ Borysiewicz M., Kacprzyk W., *Ocena ryzyka w transporcie kolejowym materiałów niebezpiecznych, cz. I – Metodyka*, „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych”, nr 50/2011.
- 7/ Borysławski Z.R., *Komputerowy system informacji przestrzennej dla ochrony środowiska naturalnego w zlewni Oławy*, „Ochrona Środowiska”, nr 2(57)/1995.
- 8/ Ciupa T., Suligowski R., *Zastosowanie techniki GIS w ocenie zagrożeń naturalnych – dawnych i przyszłych*, Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce 2010.
- 9/ *Full Motion Video – więcej niż film*, „ArcanaGIS” nr 10/2013.
- 10/ Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., *GIS. Obszary zastosowań*, PWN, Warszawa 2007.
- 11/ Gradkowski K., *Redukcja hałasu od środków lokomocji*, „Przegląd komunikacyjny”, tom 7-8/2010.
- 12/ Hausner J., *Zarządzanie publiczne. Podręcznik akademicki*, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa 2008.
- 13/ *Informacja o kontroli przewozów materiałów niebezpiecznych transportem drogowym i kolejowym*, Departament Komunikacji i Systemów Transportowych NIK, Warszawa, luty 2003 r.
- 14/ *Informacja o wynikach kontroli funkcjonowania transportu drogowego i kolejowego w latach 1990-2004*, Departament Komunikacji i Systemów Transportowych, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 2005.
- 15/ *Informacja o wynikach kontroli. Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa styczeń 2012.
- 16/ *InSAR principles: guidelines for SAR interferometry processing and interpretation. TM-19, European Space Agency, Noordwijk 2007.*
- 17/ Iwańczak B., *Quantum GIS. Tworzenie i analiza map*, Helion, Gliwice 2013.
- 18/ Izdebski W., *Wpływ ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej na wykorzystanie danych przestrzennych w jednostkach administracji samorządowej*, „Roczniki Geomatyki”, T. IX, z. 2/2011.
- 19/ Janczak A., *ADR w spedycji i magazynie: składowanie i przewóz materiałów niebezpiecznych*, Dom Wydawniczy Zacharek, Warszawa 2010.
- 20/ Kachniarz M., *Efektywność usług publicznych – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2012.
- 21/ *Kalejdoskop GIS*, Esri Polska Sp. z o.o., tom 1/2012.
- 22/ Korenik S., *Region ekonomiczny w nowych realiach społeczno-gospodarczych*, CeDeWu, Warszawa 2011.
- 23/ Kosiński W., *Geodezja*, PWN, Warszawa 2012.
- 24/ Kowalczyk A., *Określenie i analiza cech geoprzestrzeni istotnych w procesie identyfikacji atraktorów przestrzennych ataków terrorystycznych [w:] Żuber M. (red.) Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Interdyscyplinarność nauk o bezpieczeństwie*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej im. gen. T.

- Kościuszki, Wrocław 2013.
- 25/ Kraak M.I., Ormeling F., *Kartografia: Wizualizacja danych przestrzennych*, PWN, Warszawa 1998.
- 26/ Kwietniewski M., *GIS w wodociągach i kanalizacji*, PWN, Warszawa 2013.
- 27/ Lach Z., *Geoinformacyjny System Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, „Zeszyty Naukowe”, Akademia Obrony Narodowej, nr 2/2011, s. 269-287.
- 28/ Lach Z., *Systemy informacji geoprzestrzennej - zastosowanie w działalności operacyjnej*, „Biuletyn Akademii Obrony Narodowej” nr 1/2012.
- 29/ Leonowicz A.M., *Kartogram jako forma prezentacji zależności zjawisk geograficznych*, „Prace Geograficzne” nr 206, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa 2006.
- 30/ Litwin L., Myrda G., *Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS*, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2005.
- 31/ *Location Intelligence w analizach biznesowych* [w:] *Kalejdoskop GIS*, tom 1, ESRI Polska sp. z o.o., Warszawa 2012.
- 32/ Ładysz J., Piepiora Z., *Współpraca transgraniczna w dziedzinie bezpieczeństwa w Euroregionie Nysa* [w:] Żuber M. (red.), *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia podczas imprez masowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wrocław 2008.
- 33/ Madej M., *Pictometry® - nowe zastosowanie zdjęć lotniczych*, „Roczniki Geomatyki”, Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej, tom V, zeszyt 3/2007.
- 34/ Maggioni M., *Avalanche release areas and their influence on uncertainty in avalanche hazard mapping*, PhD dissertation, Zurich 2004.
- 35/ Magnuszewski A., *Zastosowanie techniki GIS w ocenie zagrożeń naturalnych – dawnych i przyszłych*, [w:] Ciupa T., Suligowski R. (red.) *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce 2010.
- 36/ *Małe elektrownie wodne – korzyści i zagrożenia*, [w:] „Kalejdoskop GIS”, ESRI Polska sp. z o.o., tom 1/2012.
- 37/ Myrda G., *GIS czyli mapa w komputerze*, Helion, Gliwice 1997.
- 38/ Osada E., *Geodezyjne układy odniesienia*, seria „Geodezja i Geoinformatyka”, UxLAN, Wrocław 2014.
- 39/ Pasławski J. (red.) *Wprowadzenie do kartografii i topografii*, wyd. 2, Wydawnictwo Nowa Era, Warszawa 2015.
- 40/ Pellowski W., Pich R., Wrześniński J., *Materiały niebezpieczne dla studentów inżynierii bezpieczeństwa*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, Wrocław 2012.
- 41/ Pellowski W., Skorupka D., *Wybrane aspekty kalkulacji ryzyka podczas planowania działań kryzysowych związanych z likwidacją skażeń*, Żuber M. (red.) *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Zagrożenia podczas imprez masowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2008.
- 42/ Pokorski G., *Integracja informacyjna systemów wspomaganie zarządzania i dowodzenia w Siłach Zbrojnych RP w obszarze danych geoprzestrzennych*, rozprawa doktorska pod kier. nauk. P. Zaskórskiego, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2011.
- 43/ Potocki J., *Funkcje turystyki w kształtowaniu transgranicznego regionu górskiego Sudetów*, Wydawnictwo Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Wrocław 2009.
- 44/ Przewłocki S., *Geomatyka*, PWN, Warszawa 2012.
- 45/ Pusty T., *Przewóz materiałów niebezpiecznych: poradnik kierowcy*, WKŁ, Warszawa 2000.
- 46/ Rachwał T., Czapliński P., Tobolska A., Uliszak R., *Geografia gospodarcza. Przewodnik do ćwiczeń*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Kraków – Poznań, 2013.
- 47/ *Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2012 roku*, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, Kraków 2013.

- 48/ *Rocznik euroregionu Nysa 2011*, Urząd Statystyczny we Wrocławiu, Wrocław – Liberec – Kamenz 2011.
- 49/ Różycki S., *Wykorzystanie systemów informacji przestrzennej w zarządzaniu kryzysowym*, [w:] Żuber M., (red.), *Katastrofy Naturalne i Cywilizacyjne - „Zagrożenia i wyzwania dla bezpieczeństwa”*, tom II, Wrocław 2009.
- 50/ Saliszczew K.A., *Kartografia ogólna*, PWN, Warszawa 2002.
- 51/ Skrzyp J., Lach Z., Łaszczuk A., *Przestrzenna waloryzacja zagrożeń bezpieczeństwa Polski na potrzeby systemu bezpieczeństwa i obronności*, cz. 2, „Waloryzacja przestrzeni Polski w aspekcie zagrożeń bezpieczeństwa”, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2012.
- 52/ Surowiecki A., Zamiar Z., *Bezpieczeństwo przewozu towarów w transporcie lądowym*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2014.
- 53/ Szostak-Chrzanowski A., Szczepanie H.K. *Koncepcja temporalnego GIS w kopalniach odkrywkowych w oparciu o numeryczne modelowanie i zautomatyzowane pomiary deformacji*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 54/2009, Vol. 129.
- 54/ *Terminologia Metadanych Statystycznych*, Organizacja Narodów Zjednoczonych, Genewa 2010.
- 55/ Urbański, J., *Zrozumieć GIS, Analiza informacji przestrzennej*, PWN, Warszawa 1997.
- 56/ *Wsparcie przez Ministra Skarbu Państwa projektów badawczych, rozwojowych i wdrożeniowych dotyczących uzbrojenia i sprzętu wojskowego, realizowanych w spółkach Polskiego Holdingu Obronnego. Informacja o wynikach kontroli*, Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa 24.09.2014.
- 57/ Zamiar Z., Wełyczko L., *Zarządzanie kryzysowe*, Wyd. Wyższej Szkoły Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu, Wrocław 2012.
- 58/ Zielińska A., *Gospodarowanie na obszarach przyrodniczo cennych w Polsce w kontekście rozwoju zrównoważonego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2013.
- 59/ Zipser T., Sławski J., *Modele procesów urbanizacji. Teoria i jej wykorzystanie w praktyce planowania*, studia Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk, tom XCVII, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1988.
- 60/ Żyszkowska W., Spallek W., Borowicz B., *Kartografia tematyczna*, PWN, Warszawa 2012.

### Dokumenty strategiczne:

- 1/ *Krajowy Plan Zarządzania Kryzysowego 2013*, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, Warszawa 2013.
- 2/ *Priorities for GEOINT research at the National Geospatial-Intelligence Agency*, Committee on Basic and Applied Research Priorities in Geospatial Science for the National Geospatial-Intelligence Agency, Mapping Science Committee Board on Earth Sciences and Resources Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies, the National Academies Press, Washington 2014.
- 3/ *Strategia obronności Rzeczypospolitej Polskiej. Strategia sektorowa do Strategii Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Ministerstwo Obrony Narodowej, Warszawa 2009.
- 4/ *Strategia Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej 2022*, przyjęta uchwałą Rady Ministrów z dnia 9 kwietnia 2013 r.

### Akty prawne, normy, instrukcje:

- 1/ *Architektura Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego (SWD PRM)*, Załącznik nr 3 do OPZ, Centrum Projektów Informatycznych MSWiA, Warszawa 2014.
- 2/ *Dangerous Goods Regulation*. Obowiązują we wszystkich krajach członkowskich Międzynarodowego Zrzeszenia Transportu Lotniczego – IATA. Zostały opracowane przez Komitet Ekspertów ICAO - *International Civil Aviation Organization*.
- 3/ *Deklaracja szczytu NATO o zdolnościach obronnych*, Chicago 20.05.2012 r.

- 4/ Dyrektywa 2005/88/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 grudnia 2005 r. zmieniająca dyrektywę 2000/14/WE w sprawie zblżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do emisji hałasu do środowiska przez urządzenia używane na zewnątrz pomieszczeń, Dz.U. L 344/44 z 27.12.2005.
- 5/ Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE), OJ L 108, 25/04/2007 P. 1 – 14.
- 6/ Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, Dz.U. UE L 288/27 z 6.11.2007.
- 7/ Instrukcja techniczna K-2. Mapy topograficzne do celów gospodarczych, wydanie drugie, Warszawa 1980.
- 8/ Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r., Dz.U. z 1997 r. Nr 78, poz. 483 z późn. zm.
- 9/ Międzynarodowy Kodeks Morski Towarów Niebezpiecznych, wydany na podstawie przepisów części A rozdziału VII Międzynarodowej Konwencji o Bezpieczeństwie Życia na Morzu.
- 10/ Opis przedmiotu zamówienia (OPZ) na budowę i wdrożenie ogólnokrajowego Systemu Wspomagania Dowodzenia Państwowego Ratownictwa Medycznego (SWD PRM), Centrum Projektów Informatycznych MSWiA.
- 11/ Oświadczenie Rządowe z dnia 28 maja 2013 r. w sprawie wejścia w życie zmian do załączników A i B Umowy europejskiej dotyczącej międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzonej w Genewie dnia 30 września 1957 r., Dz.U. z 16 lipca 2013 r., poz. 815.
- 12/ Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (RID), stanowiący załącznik C do Konwencji o międzynarodowym przewozie kolejami (COTIF), sporządzonej w Bernie dnia 9 maja 1980 r., Dz.U. z 2007 r. Nr 100, poz. 674 i 675 z późn. zm.
- 13/ Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 12 lutego 2013 r. w sprawie bazy danych geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu, bazy danych obiektów topograficznych oraz mapy zasadniczej, Dz.U. z 21 marca 2013 r., poz. 383.
- 14/ Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 22 grudnia 2011 r. w sprawie rodzajów materiałów geodezyjnych i kartograficznych, które podlegają ochronie zgodnie z przepisami o ochronie informacji niejawnych, Dz.U. 2011 nr 299 poz. 1772.
- 15/ Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 9 stycznia 2012 r. w sprawie ewidencji miejscowości, ulic i adresów, Dz.U. z 2012 r. poz. 125.
- 16/ Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa oraz Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dn. 17 grudnia 1996 w sprawie ewidencji gruntów i budynków.
- 17/ Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 26 sierpnia 1991 w sprawie szczegółowych zasad i trybu zakładania i prowadzenia geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz uzgodnień i współdziałania w tym zakresie.
- 18/ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn, Dz.U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1228.
- 19/ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.12.2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń używanych na zewnątrz pomieszczeń w zakresie emisji hałasu do środowiska, Dz.U. z 2005 r. Nr 263, poz. 2202.
- 20/ Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 9 listopada 2012 r. w sprawie warunków krajowego przewozu towarów niebezpiecznych środkami transportu należącymi do Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej lub środkami transportu, za które Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej są odpowiedzialne, Dz.U. 2012 poz. 1364.
- 21/ Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz.U. z 2002 r. Nr 217 poz. 1833 z późn. zmianami.
- 22/ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych, Dz.U. Nr 279, poz. 1642.

- 23/ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 26 maja 2010 r. w sprawie rodzajów prac geodezyjnych i kartograficznych mających znaczenie dla obronności i bezpieczeństwa państwa oraz współdziałania Służby Geodezyjnej i Kartograficznej z jednostką organizacyjną Sztabu Generalnego Wojska Polskiego właściwą w sprawach geodezji i kartografii, Dz.U. 2010 nr 109 poz. 718.
- 24/ Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2009 r. w sprawie organizacji i funkcjonowania centrów powiadamiania ratunkowego i wojewódzkich centrów powiadamiania ratunkowego, Dz.U. z 2009 r. Nr 130, poz. 1073.
- 25/ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz.U. 2007 r. Nr 120 poz. 826.
- 26/ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, portem, Dz.U. Nr 140 poz. 824.
- 27/ Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 17 czerwca 2013 r. w sprawie określenia dodatkowych wymagań dotyczących przewozu towarów niebezpiecznych statkami niepodlegającymi Konwencji SOLAS, Dz.U. 2013 poz. 798.
- 28/ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, Dz.U. z 14.11.2012 r., poz. 1247.
- 29/ Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 października 2011 r. w sprawie rodzajów kartograficznych opracowań tematycznych i specjalnych, Dz.U. 2011 nr 222 poz. 1328.
- 30/ Uchwała nr 164 Rady Ministrów z dnia 17 września 2013 r. w sprawie ustanowienia programu wieloletniego „Priorytetowe Zadania Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej w ramach programów operacyjnych”, Dz.U. z 4.10.2013 r., Poz. 796.
- 31/ Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzona w Genewie dnia 30 września 1957 r., Dz.U. z 2011 r. Nr 110, poz. 641.
- 32/ Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne, Dz.U. 1989 Nr 30 poz. 163.
- 33/ Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych, Dz.U. z 2011 r. Nr 227, poz. 1367 z późn. zm.
- 34/ Ustawa z dnia 22 listopada 2013 r. o systemie powiadamiania ratunkowego, Dz.U. 2013 poz. 1635.
- 35/ Ustawa z dnia 24 lipca 1998 r. o wprowadzeniu zasadniczego trójstopniowego podziału terytorialnego państwa, Dz.U. z 1998 r. Nr 96, poz. 603.
- 36/ Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, załącznik do obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 sierpnia 2013 r., Dz.U. z 2.10.2013, poz. 1166.
- 37/ Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627.
- 38/ Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, Dz. U. 2003 Nr 80 poz. 717 z późn. zm.
- 39/ Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie informacji w ochronie zdrowia, Dz.U. Nr 113, poz. 657 i Nr 174, poz. 1039.
- 40/ Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o usługach turystycznych, Dz.U. z 2014 r. poz. 196, 822.
- 41/ Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej, Dz.U. z 2010 r. Nr 76, poz. 489, z 2012 r. poz. 951 z późn. zmianami.
- 42/ Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym, Dz.U. 2006 Nr 191 poz. 1410.
- 43/ Wyjaśnienia nr 4 treści SIWZ w postępowaniu nr 37-CPI-WA-2244/10, Centrum Projektów Informatycznych MSWiA, Warszawa 8.03.2011.
- 44/ Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2010 № 1922 „Об утверждении Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011 - 2015 годы и на период до 2020 года” z późn. zmianami.
- 45/ PN-ISO 31000:2012 Zarządzanie ryzykiem. Zasady i wytyczne, Polski Komitet Normalizacyjny.

## Źródła internetowe:

- 1/ Aerial Drone Inspections and Surveys, <http://www.hopgrove.com/aerial-drone-inspections>
- 2/ *Analysis technology plan 2020*, National Geospatial-Intelligence Agency, [http://trajectorymagazine.com/images/NGA\\_Analysis\\_Tech\\_Plan.pdf](http://trajectorymagazine.com/images/NGA_Analysis_Tech_Plan.pdf)
- 3/ *ArcGIS for the Military*, Esri, <http://solutions.arcgis.com/military>
- 4/ ArcGIS Raster Data Models, <http://www.esri.com/news/arcnews/fall04articles/arcgis-raster-data-model.html>
- 5/ *Badania i pomiary hałasu*, Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania, <http://www.ios.krakow.pl/67,a,badania-i-pomiary-halasu.htm>
- 6/ Biuro Projektów Urbanistyki i Architektury ARCA, <http://arcastangel.pl/>
- 7/ *Chernobyl and Fukushima: Joint satellite project to track radiation*, UN-SPIDER, <http://www.un-spider.org/about-us/news/chernobyl-and-fukushima-joint-satellite-project-track-radiation>
- 8/ Chrustek P., *Zastosowanie GIS w typologii obszarów potencjalnego występowania lawin śnieżnych na przykładzie rejonu Kasprowego Wierchu w Tatrach*, [http://warsztaty-gis.ispik.pl/pdf/VI\\_3\\_Typowanie\\_lawin\\_w\\_TPN.pdf](http://warsztaty-gis.ispik.pl/pdf/VI_3_Typowanie_lawin_w_TPN.pdf)
- 9/ *Czy można przewidywać lawiny?* Karkonoski Park Narodowy, <http://www.kpnmap.pl/pl/news/czy-mozna-przewidywac-lawiny,236>
- 10/ Danish Demining Group, <http://www.danishdemininggroup.dk/about-danish-demining-group/where-we-work/afghanistan>
- 11/ Dolnośląski System Informacji Przestrzennej, Wydział Geodezji i Kartografii Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego, <http://geoportal.dolnyslask.pl/imap/>
- 12/ ECDL Polska, [https://ecdl.pl/epp\\_gis](https://ecdl.pl/epp_gis)
- 13/ *Encyklopedia leśna*, <http://www.encyklopedialesna.pl/hasla/index/1045>
- 14/ *Encyklopedia*, GAZETAPRAWNA.PL, [http://www.gazetaprawna.pl/encyklopedia/medycyna/hasla/338882,ratownictwo\\_medyczne.html#](http://www.gazetaprawna.pl/encyklopedia/medycyna/hasla/338882,ratownictwo_medyczne.html#)
- 15/ *Eurostat's Concepts and Definitions Database (CODED)*, <http://ec.europa.eu/eurostat>
- 16/ Extremetech.com, <http://www.extremetech.com/extreme/126843-think-gps-is-cool-ips-will-blow-your-mind>
- 17/ Fakt.pl, <http://www.fakt.pl/radioaktywna-chmura-nad-tokio,artykuly,98567,1,1,2.html> za: GeoEye Inc. (od 2013 r. DigitalGlobe)
- 18/ Galileo, <http://www.galileo.com/location-intelligence-products/galigeo-bi-where-location-analytics>
- 19/ Geoportal 2, <http://mapy.geoportal.gov.pl/imap>
- 20/ GIS Support, <http://www.gis-support.pl/dedykowane-mapy-i-wizualizacje-kartograficzne>
- 21/ GIS Support, <http://www.gis-support.pl/dedykowane-mapy-i-wizualizacje-kartograficzne/>
- 22/ Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/krajowy-system-informacji-prze-strzennej.html>
- 23/ Gisplay.pl, portal geoinformacyjny, <http://www.gisplay.pl/gis/oprogramowanie-gis.html>
- 24/ *Global Climate Change*, NASA, <http://climate.nasa.gov>
- 25/ Google Earth, zdjęcie z satelity Landsat 2014.
- 26/ Google Maps, <https://www.google.pl>
- 27/ Gotlib D., Olszewski R., *Od nakładek do n-warstw*, <http://geoforum.pl/?menu=46814,46839&link=gis-historia>
- 28/ Gpsworld.com, <http://gpsworld.com/>
- 29/ Hopgrove <http://www.hopgrove.com/about-us>
- 30/ *How to Deploy Location Intelligence for CRM Systems to Enhance Sales Operations*, webinar Galigeo, <http://vimeo.com/72411676>
- 31/ Hydroportal publikujący mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego w formacie pdf, <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>

- 32/ *INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in the European Community*, <http://inspire.ec.europa.eu/>
- 33/ *Internetowy atlas metod kartograficznych*, <http://www.educarto.pl/>
- 34/ Internetowe mapy Systemu Informacji Przestrzennej Katowice <http://mapserver.um.katowice.pl/kjarc/mapviewer.jsf>
- 35/ *Internetowy leksykon geomatyczny Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej (PTIP)*, zespół redakcyjny pod przewodnictwem J. Gaździckiego, <http://www.ptip.org.pl>
- 36/ *ISOK*, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, <http://www.isok.gov.pl/pl>
- 37/ Karpathy A., Fei-Fei Li, *Deep Visual-Semantic Alignments for Generating Image Descriptions*, Department of Computer Science, Stanford University, <http://cs.stanford.edu/people/karpathy/deepimagesent/devisagen.pdf>
- 38/ *Kartodiagramy. Kartografia i GIS w geografii społeczno-ekonomicznej*, [usfiles.us.szc.pl/pliki/plik\\_1133814482.ppt](http://usfiles.us.szc.pl/pliki/plik_1133814482.ppt)
- 39/ *Kraków i Warszawa szukają hałaśliwych miejsc*, „Gazeta Krakowska”, <http://wiadomosci.wp.pl/kat-12611,title,Krakow-i-Warszawa-szukaja-halasliwych-miejsc,wid,9572549,wiadomosc.html?ticaid=113bcd>
- 40/ Mapa akustyczna Miasta Kraków, <http://mapa-akustyczna.um.krakow.pl:280/>
- 41/ MapViewer, Gambit®, <http://www.mapviewer.pl/>
- 42/ Narodowy Portal Turystyczny, [www.polska.travel](http://www.polska.travel)
- 43/ NASA Images Highlight U.S. Air Quality Improvement – Release Materials, <http://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=11579>
- 44/ NASA, <http://www.spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-134/html/s134e010137.html>
- 45/ National Geospatial-Intelligence Agency, <https://www1.nga.mil>
- 46/ National Nuclear Security Administration (NNSA) US Department of Energy, [http://energy.gov/news/documents/AMS\\_Data\\_April\\_4\\_v1.pptx](http://energy.gov/news/documents/AMS_Data_April_4_v1.pptx)
- 47/ *New International Space Station instrument will scan great lakes air*, “Environmental Monitor”, <http://www.fondriest.com/news/new-international-space-station-instrument-will-scan-great-lakes-air.htm>
- 48/ *New Japanese satellites to observe Fukushima, Chernobyl environments*, “Environmental Monitor” application and technology news for environmental professionals, <http://www.fondriest.com/news/new-japanese-satellites-fukushima-chernobyl.htm>
- 49/ Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org/>
- 50/ *Plan modernizacji technicznej sił zbrojnych w latach 2013-2022*, MON, [http://www.polska-zbrojna.pl/AppData/TinyMceFiles/program\\_modernizacji\\_techicznej\\_szrp.pdf](http://www.polska-zbrojna.pl/AppData/TinyMceFiles/program_modernizacji_techicznej_szrp.pdf)
- 51/ *Pojęcia stosowane w badaniach statystycznych statystyki publicznej*, GUS, <http://old.stat.gov.pl/gus/>
- 52/ Poliński J., *Problemy związane z transportem ładunków niebezpiecznych*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, <http://www.firmabhp.com/pliki/Drogowy%20przewoz%20towarow%20niebezpiecznych.pdf>
- 53/ Polski Komitet Normalizacyjny, <http://www.pkn.pl/>
- 54/ Portal Polskiej Organizacji Turystycznej, [www.pot.gov.pl](http://www.pot.gov.pl)
- 55/ Pteryx, <http://www.pteryx.eu/Pteryx-UAV.php>
- 56/ QGIS. Wolny i otwarty system informacji geograficznej, <http://qgis.org>
- 57/ *Regulamin konkursu nr 6/2014 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa*, załącznik nr 1, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, [http://www.ncbir.pl/gfx/ncbir/userfiles/\\_public/obronnosc/6\\_2014/regulamin\\_konkursu\\_nr\\_6\\_03\\_07\\_14.pdf](http://www.ncbir.pl/gfx/ncbir/userfiles/_public/obronnosc/6_2014/regulamin_konkursu_nr_6_03_07_14.pdf)
- 58/ Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, [http://rcb.gov.pl/?page\\_id=489](http://rcb.gov.pl/?page_id=489)
- 59/ *Samorządy stawiają na e-geodezję*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, <http://www.gugik.gov.pl/>

- informacje/aktualnosci/web/2014/samorzady-stawiaja-na-e-geodezje
- 60/ Serwis informacyjny Galigeo, <http://www.galigeo.com/>
- 61/ Siłkowska I., *Zastosowanie narzędzi GIS w transporcie i logistyce*, Uniwersytet Gdański, <http://yegroup.pl/wp-content/uploads/2013/06/Zastosowanie-narz%C4%99dzi-GIS-w-transporcie-i-logistyce.pdf>
- 62/ Słownik, Polska Organizacja Turystyczna, <http://www.pot.gov.pl/6-4fundusze-ue/i/2014-03-17-11-58-18/slownik/turystyka>
- 63/ Sobstel J.W., *Rozwój aplikacji nawigacji satelitarnej i monitoringu w Polsce*, [https://www.kosmos.gov.pl/Rozwoj\\_aplikacji\\_nawigacji\\_satelitarnej\\_i\\_monitoringu\\_w\\_Polsce.doc](https://www.kosmos.gov.pl/Rozwoj_aplikacji_nawigacji_satelitarnej_i_monitoringu_w_Polsce.doc)
- 64/ *Statistical Atlas*, Eurostat, <http://ec.europa.eu/eurostat/statistical-atlas/gis/viewer/?chapter=02>
- 65/ System informacji przestrzennej, <http://geoforum.pl/>
- 66/ System informacji przestrzennej, [http://www.sip.wods.pl/sip\\_ogolnie](http://www.sip.wods.pl/sip_ogolnie)
- 67/ Systemy informacji o terenie, [http://www.gis.lublin.pl/index.php?option=com\\_content&task=view&id=26&Itemid=2](http://www.gis.lublin.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=26&Itemid=2)
- 68/ UNAVCO, [http://www.unavco.org/software/visualization/idv/IDV\\_datasource\\_point\\_cloud.html](http://www.unavco.org/software/visualization/idv/IDV_datasource_point_cloud.html)
- 69/ Vinyals O., Toshev A., Bengio S., Erhan D., *Show and Tell: A Neural Image Caption Generator*, <http://arxiv.org/pdf/1411.4555v1.pdf>
- 70/ W3C, <http://www.w3.org/XML/>
- 71/ CityServer3D, Fraunhofer Institute for Computer Graphics Research (IGD), <http://www.city-server3d.de>
- 72/ System Osłony Przeciwsuwiskowej, Państwowy Instytut Geologiczny, <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO>



## SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1. Warstwowa struktura GIS stosowanego w administracji samorządowej i hydrologii.....	14
Rysunek 2. a) Pteryx UAV fotomapujący samolot bezzałogowy, producent Trigger Composites, b) dron do zdjęć lotniczych, producent Hopgrove (GB).....	40
Rysunek 3. Przykład chmury punktów pozyskanych metodą LiDar pokolorowanych według wartości współrzędnej wysokości .....	44
Rysunek 4. a) satelita GPS-IIRM na orbicie, b) orbity satelit GPS.....	48
Rysunek 5. Przykład kartogramu: gęstość sieci kolejowej w UE na poziomie NUTS 2, 2012 .....	60
Rysunek 6. Kartodiagram złożony kołowy: ludność i urbanizacja.....	62
Rysunek 7. Szacunkowy koszt wdrożenia GIS (w jednostkach umownych).....	69
Rysunek 8. Wizualizacja fragmentu mapy USA w Quantum GIS.....	75
Rysunek 9. Widok połączenia z serwisem WroGIS w QGIS Browser .....	76
Rysunek 10. Fragment mapy topograficznej województwa lubuskiego, skala 1:100.000 .....	81
Rysunek 11. Mapa zasadnicza dla Wrocławia, obręb Stare Miasto, skala 1:500.....	84
Rysunek 12. Wielobranżowa koncepcja zagospodarowania terenów inwestycyjnych w gminie Godów .....	93
Rysunek 13. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Koszęcin .....	99
Rysunek 14. Widok modelu 3D miasta Darmstadt w aplikacji CityServer3D ViewService.....	102
Rysunek 15. Mapa dostępności samochodowej do Gdańska z gmin województwa pomorskiego.....	105
Rysunek 16. Przykład wariantowego planowania trasy wycieczki rowerowej z Wrocławia na Słężę w serwisie geoinformacyjnym Google Maps .....	109
Rysunek 17. Zrzut ekranu z programu Google Earth przedstawiający widok na Mount Everest.....	110
Rysunek 18. <i>Border Tourism – koncepcja zagospodarowania kompleksu zamkowego w Zebrzydowicach, oraz ścieżek rowerowych na pograniczu polsko–czeskim</i> .....	111
Rysunek 19. Fragment mapy emisyjnej LDWN hałasu drogowego w Krakowie .....	117
Rysunek 20. Międzynarodowa stacja kosmiczna ISS na orbicie, 29.05.2011 r. ....	120
Rysunek 21. Średnie roczne stężenie dwutlenku azotu w powietrzu wybranych stanów USA w roku 2005 i 2011 .....	120
Rysunek 22. Przykład mapy NDVI oraz powiększonego fragmentu tej mapy.....	122
Rysunek 23. Model organizacji powiadamiania i reagowania kryzysowego .....	130
Rysunek 24. Mapa potencjalnych lądowisk dla śmigłowców .....	134
Rysunek 25. Przykład opracowania toru lawiny za pomocą narzędzi GIS .....	135
Rysunek 26. Schemat ideowy funkcjonowania Centrów Powiadamiania Ratunkowego.....	139
Rysunek 27. Architektura logiczna SWD PRM .....	141
Rysunek 28. Funkcje GIS w roli dyspozytora w systemie wspomagania dowodzenia PRM.....	143
Rysunek 29. Przykład mapy nominalnego czasu dojazdu pierwszego zastępu Krajowego Systemu Ratowniczo–Gaśniczego do zdarzeń (w powiecie świebodzińskim).....	144

---

Rysunek 30. Widok okna Hydroportalu publikującego mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka.....	148
Rysunek 31. Fragment NMT opracowanego w QGIS, Afganistan.....	156
Rysunek 32. Obszar współpracy transgranicznej w dziedzinie bezpieczeństwa w polsko-czesko-niemieckim euroregionie Nysa.....	165
Rysunek 33. Zdjęcia z monitoringu satelitarnego przed i po trzeciej eksplozji reaktora w elektrowni atomowej Fukushima.....	167
Rysunek 34. Mapa skażonych terenów wokół elektrowni Fukushima według pomiarów z 22.03–3.04.2011 r. ....	167

## SPIS TABEL

Tabela 1. Porównanie parametrów technicznych układu współrzędnych płaskich prostokątnych PL-1992, PL-2000, PL-UTM.....	31
Tabela 2. Rozdzielczość siatki kilometrowej w zależności od skali mapy .....	32
Tabela 3. Typowe formaty arkusza .....	66
Tabela 4. Przykład rozłożenia kosztów wdrożenia systemu GIS w okresie dziesięcioletnim (w jednostkach umownych).....	68
Tabela 5. Wykaz obiektów stanowiących treść mapy zasadniczej w kolejności alfabetycznej .....	86

